REVISTA
Criacionista
Publicação da Sociedade Criacionista Brasileira. Ano 46 – Nº 97 – 2º semestre/2017

POR QUE A TERRA TREME NO BRASIL?

ENSINO RELIGIOSO EM ESCOLAS PÚBLICAS

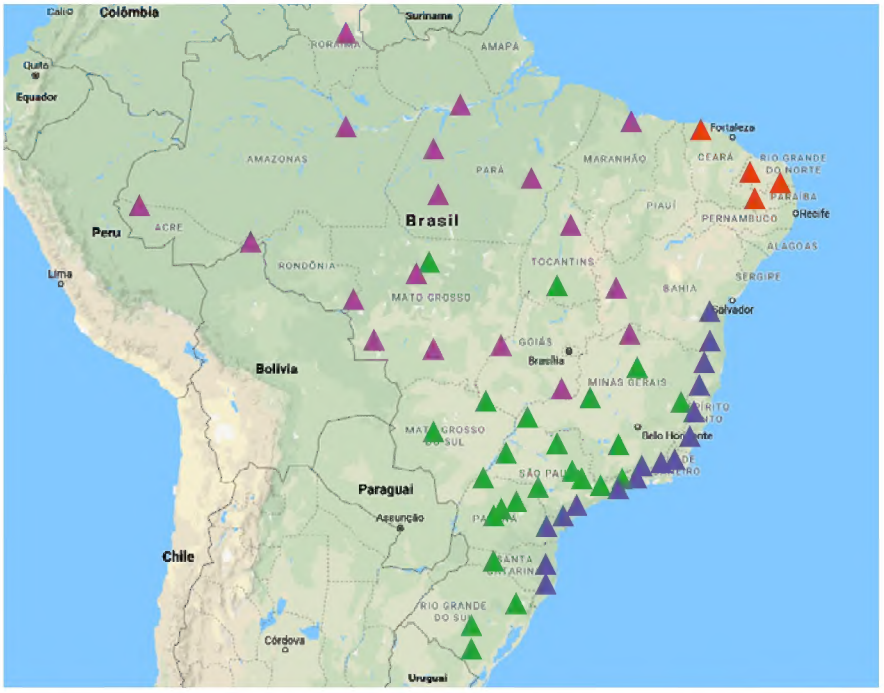
FRAUDES E PLÁGIOS NA CIÊNCIA

Sociedade Criacionista Brasileira

Nossa capa

A Rede Sismográfica Brasileira, concebida no âmbito da Rede de Estudos Geotectônicos Petrobras-Universidades (RGEOTEC) tem por objetivo monitorar a sismicidade do território nacional e gerar informações que suportem a investigação da estrutura interna da Terra através da implantação e manutenção de estações sismográficas permanentes.

Com recursos provenientes de impostos cobrados da extração de petróleo pela Petrobrás e por concessionárias, foi possível o estabelecimento dessa rede, que permitiu melhor conhecimento das causas de terremotos no Brasil, como exposto de forma bastante interessante no artigo "Por que a Terra treme no Brasil" e na notícia "Tensão sob a Terra", publicados neste número da Revista Criacionista.



Em nossa capa, uma ilustração artística da propagação de ondas sísmicas provocadas por terremotos a partir de diversos epicentros na América do Norte e Caribe.

Editorial

Este é o último número da Revista Criacionista do quadragésimo-sexto ano de vida da SCB. Com a publicação de mais três números que prevemos para o próximo ano, estaremos comemorando o feito notável de atingir 100 números deste nosso periódico desde o início de sua publicação em 1972, então com o singelo título de "Folha Criacionista". Deus seja louvado por esse acontecimento, que não teria sido possível sem Suas generosas bênçãos e o apoio entusiasta de numerosos simpatizantes da causa criacionista, aos quais aqui fica manifesto o reconhecimento da SCB.

Em 2 de dezembro deste ano de 2017 foi realizada a XVII Assembleia Geral Ordinária da SCB que elegeu a nova Diretoria para o próximo triênio, que ficou assim constituída:

Presidente
Marcos Natal de Souza Costa

1º Vice-Presidente
Cezar Degraf Matheus

2º Vice-Presidente
Michelson Borges

Secretário
Hipólito Gadelha Remígio

Diretor-Executivo
Rui Corrêa Vieira

Os então Presidente Ruy Carlos de Camargo Vieira e Vice-Presidente Rubens Crivellaro não desejaram aceitar a renovação de seu mandato por motivos de saúde que expuseram por escrito à Assembleia, e apresentam aqui seus parabéns e votos de profícua gestão aos novos eleitos para a Diretoria da Sociedade. Certamente, a SCB tem um importante papel a desempenhar e ambos continuarão a prestar todo o seu apoio e sua colaboração à nova Diretoria para a continuidade e o aprimoramento das atividades da Sociedade no trabalho de divulgação do Criacionismo.

Dentre as atividades que têm despontado ultimamente, destaca-se a de ativação de Núcleos da SCB em várias cidades do País. Após a criação do Núcleo de Maringá, numerosos grupos de interessados em várias cida-

des de todas as regiões do País foram surgindo e manifestando seu interesse de filiação à SCB. Este foi o fato mais animador que coroou estes 46 anos de atividades da SCB! E podemos já noticiar que, no final do próximo mês de março de 2018, deveremos realizar um Encontro na sede do Centro Cultural da Sociedade, em Brasília, com representantes de grupos que estão sendo organizados em Londrina, Blumenau, Porto Alegre, UNASP-Engenheiro Coelho, Recife, Natal, Sobral, Manaus e Porto Velho, para a integração harmônica das suas linhas de atuação com o padrão de qualidade defendido pela SCB.

São duas as principais grandes metas traçadas para o próximo ano para a divulgação do Criacionismo.

A primeira é a estruturação e o acompanhamento do funcionamento dos Grupos que pretendem filiar-se à SCB como Núcleos.

A segunda é a elaboração do que ora está sendo chamado de "Compêndio Ciência e Religião" que deverá incluir basicamente todo o material produzido pela SCB durante seus 46 anos de vida, como

1. Artigos e notícias publicados em seus periódicos impressos ou digitais (Folha / Revista Criacionista, Boletins Mensais, Coleção "De Olho nas Origens" nos níveis 1 e 2 e Folhinhas Criacionistas),
2. Reedição eletrônica de seus livros impressos cujas tiragens estejam esgotadas,
3. Documentação (na forma de "power points" e vídeos) referente a todas as palestras efetuadas nos Seminários "A Filosofia das Origens", e
4. Trechos de vídeos das coleções de DVDs das séries "De Olho nas Origens", "Maravilhas da Criação", "Do Ararate ao Araripe" e da série de vídeo-livros "A Evolução e a Bíblia".

Temos a maior satisfação de poder informar a nossos leitores que, a partir de 1º de janeiro de 2018, estaremos disponibilizando em nosso site

www.scb.org.br

a "Inspiração Juvenil", uma agradável e verdadeiramente inspiradora leitura diária que nos aproximará mais do Criador e de Seus planos para conosco. Trata-se da republicação do livro de autoria do Pastor Francisco Lemos que já havíamos inserido em nosso site desde o ano de 2004 e que agora vem revestido de nova formatação eletrônica. Os interessados poderão ter acesso diretamente à "Inspiração Juvenil" através da nossa Loja Virtual, no site

www.scb.org.br

Certamente a nova Diretoria terá à sua frente muito trabalho a ser enfrentado, mas não há dúvida sobre a sua capacidade para enfrentá-lo e com a graça de Deus levar avante com sucesso a missão em que estamos todos envolvidos.

Cumpre destacar que os próximos três números da Revista Criacionista previstos para serem lançados no decorrer do ano de 2018 estarão a cargo de novo Comitê Editorial da SCB, a ser constituído pela nova Diretoria eleita.

Os Editores

Sumário

05 - PODEM OS CRIACIONISTAS ACEITAR A ORIGEM DE NOVAS ESPÉCIES?
Márcia Oliveira de Paula

10 - FRAUDES E PLÁGIOS NA CIÊNCIA
Marcos Barbosa de Oliveira

20 - ENSINO RELIGIOSO EM ESCOLAS PÚBLICAS: E AS MINORIAS?
Fábio Almeida

24 - POR QUE A TERRA TREME NO BRASIL
Igor Zolnerkevic
Ricardo Zorzetto

Notícias

30 - TENSÃO SOB A TERRA - CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE FALHAS GEOLÓGICAS NA CROSTA ELUCIDA TREMORES SÍSMICOS NO BRASIL

34 - NOVAS ANÁLISES ALTERAM ÁRVORE GENEALÓGICA DOS CUPINS

36 - VERMES NADA INSIGNIFICANTES

38 - EXOPLANETAS DUROS E SEM VIDA

42 - CONCHAS MOSTRAM COMO OCEANO REAGIU AO AQUECIMENTO DO PLANETA

45 - EXTRATERRESTRES PODEM SER MAIS PARECIDOS COM OS HUMANOS DO QUE PENSAMOS

47 - A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO: COMECE OLHANDO PARA SUA XÍCARA DE CAFÉ

51 - DESERTOS E SEUS PADRÕES MATEMÁTICOS

54 - IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS

57 - CONGRESSO REÚNE OPOSITORES DA TEORIA DA EVOLUÇÃO

59 - NÚCLEOS DA SOCIEDADE CRIACIONISTA BRASILEIRA

REVISTA Criacionista

Publicação periódica da Sociedade Criacionista Brasileira (SCB)

Telefone: (61)3468-3892

Sites: www.scb.org.br e www.revistacriacionista.org.br

E-mail: scb@scb.org.br

Edição Eletrônica da SCB

Editores:
Ruy Carlos de Camargo Vieira
Rui Corrêa Vieira

Projeto gráfico:
Eduardo Olszewski
Michelson Borges

Adaptação e atualização do projeto gráfico:
Renovacio Criação

Diagramação e tratamento de imagens:
Roosevelt S. de Castro

Ilustrações:
Victor Hugo Araujo de Castro

Os artigos publicados nesta revista não refletem necessariamente o pensamento oficial da Sociedade Criacionista Brasileira. A reprodução total ou parcial dos textos publicados na Folha Criacionista poderá ser feita apenas com a autorização expressa da Sociedade Criacionista Brasileira, que detém permissão de tradução das sociedades congêneres, e direitos autorais das matérias de autoria de seus editores.

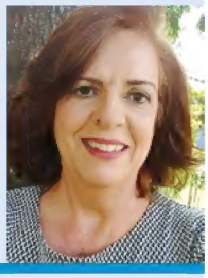
Sociedade Criacionista Brasileira

Revista Criacionista / Sociedade Criacionista Brasileira
v. 46, n. 97 (Dezembro, 2017) – Brasília: A Sociedade, 1972-.
Semestral
ISSN impresso 2526-3948
ISSN online 2525-3956
1. Gênese. 2. Origem. 3. Criação
EAN Nº 977-2526-39400-0

ORIGEM DAS ESPÉCIES

PODEM OS CRIACIONISTAS ACEITAR A ORIGEM DE NOVAS ESPÉCIES?

Mudança nas espécies através dos tempos são irrefutáveis. Porém, essas mudanças são limitadas. As expressões encontradas em Gênesis 1 "segundo a sua espécie" não significam que nenhuma variação poderia ocorrer dentro das espécies básicas. Realmente, a Bíblia não fala em lugar algum de "nenhuma variação". A possibilidade de mudanças limitadas nas espécies não deveria surpreender os criacionistas.



Marcia Oliveira de Paula

Graduada em Biologia e Mestre em Microbiologia pela Universidade Federal de Minas Gerais, Doutora em Microbiologia pela Universidade de São Paulo e Coordenadora do Núcleo de Estudos das Origens no Centro Universitário Adventista de São Paulo.

Introdução

No capítulo 1 do livro de Gênesis é descrita a criação de todos os seres vivos por Deus. Todos eles foram criados "segundo sua espécie". No início do século dezenove, a maioria dos acadêmicos aceitava o relato de Gênesis bastante literalmente. Muitos, mesmo, parece que iam além da declaração literal, e afirmavam que as expressões encontradas em Gênesis 1 "segundo a sua espécie" significavam que nenhuma variação poderia ocorrer dentro das espécies básicas. Realmente, a Bíblia não fala em lugar algum de "nenhuma variação". Este ensino relativo a nenhuma variação tem sido chamado de "Doutrina da Fixidez Extrema".

Darwin aparentemente iniciou sua viagem ao redor do mundo crendo que "a ausência de variação" constituía a verdade ensinada no livro de Gênesis. Porém, as suas observações, que revelaram muitas variações dentro das espécies, puseram-no em confronto direto com o que entendia ser a doutrina das origens expressa em Gênesis. Infelizmente, parece que Darwin não estudou por si mesmo, com o devido cuidado, o livro de Gênesis. Acreditava que seus mestres haviam interpretado Gênesis corretamente, e que a sua descoberta das variações tinha mostrado que o relato de Gênesis não poderia ser aceito. Tragicamente chegou à conclusão, como muitos desde então, que havia refutado o livro de Gênesis, quando na realidade o que fez foi refutar uma de suas interpretações extremadas. Quem ler Gênesis por si próprio nada encontrará dito a respeito de ausência de variações. Descobrirá, sim, que os tipos básicos foram criados conforme suas espécies.

Então, será que o criacionista pode aceitar a origem de novas espécies? Alguns criacionistas fixistas acreditam que Deus criou todas as espécies que existem atualmente. Mas esse conceito resulta de uma má compreensão do termo "segundo a sua espécie" do livro de Gênesis.

O que são espécies? Segundo Mayr (1963) "As espécies são grupos naturais de populações ativa ou potencialmente entrecruzantes e reprodutivamente isolados de todos os outros grupos similares." Esta definição não se aplica, entretanto, a todos os seres vivos. Certos organismos se reproduzem primária ou exclusivamente por via assexual, o

que torna inviável o teste do entrecruzamento; e, algumas vezes, membros de diferentes espécies podem entrecruzar-se com êxito.

Wolfe (1977) fornece uma definição de espécie um pouco mais aberta: "A espécie é um grupo de organismos que se assemelham entre si mais do que os organismos de um outro grupo qualquer e que se distinguem dos integrantes de qualquer outro ao menos por uma característica bem definida. Idealmente, os membros de uma espécie entrecruzam-se exclusivamente entre si para produzir descendentes férteis."

As espécies de animais são consideradas grupos naturais de populações que se cruzam efetivamente ou potencialmente, mas as outras categorias da hierarquia taxonômica são arbitrárias e estabelecidas pelo homem. Elas pretendem refletir níveis diferentes de parentesco entre os animais, baseados na evolução. Duas ou mais espécies com certos caracteres em comum formam um gênero. Por sua vez, gêneros tendo caracteres comuns constituem uma família, as famílias são combinadas em ordens, as ordens em classes e as classes em filos. Todos os filos juntos constituem um reino.

Quais teriam sido então os tipos básicos criados por Deus? Espécies, gêneros ou famílias? Seria bastante difícil chegar a uma conclusão com os dados que temos, mesmo porque a classificação é artificial e, acima de espécie, não há critérios definidos. Mas é certo que nem todas as espécies que existem foram criadas por Deus: muitas delas, e provavelmente alguns gêneros também, surgiram por modificação dos tipos básicos originais. Veremos a seguir alguns exemplos.

Exemplos de Especiação

Existem vários exemplos atuais de surgimento de novas espécies que foram documentados. No Havaí, existem diversas espécies de mariposas do gênero *Hedylepta* que se alimentam exclusivamente de bananeiras. Todas as outras espécies havaianas desse gênero se alimentam de gramíneas, palmeiras ou leguminosas. O fato notável neste caso é que as bananeiras foram introduzidas nas ilhas do Havaí pelos polinésios há apenas mil anos atrás. Aparentemente o gênero *Hedylepta* sofreu eventos múltiplos de especiação durante este breve período de tempo, que originaram espécies que só se alimentavam das bananeiras recém-introduzidas no Havaí. Cada espécie de mariposa que se alimenta de bananeiras está confinada às florestas de montanhas de apenas uma ou duas ilhas. É compreensível esta distribuição das espécies em questão: elas ainda não tiveram tempo de se espalharem para muito longe de seus locais de origem.

Outro exemplo que pode ser mencionado ocorreu em Uganda. O lago Nabugabo é um pequeno corpo de água doce desse país, e fica situado às margens do lago Vitória. Evidências geológicas indicam que o lago Nabugabo foi formado a partir do lago Vitória, pelo crescimento de um banco de areia através de uma pequena enseada na margem deste lago. A datação com radiocarbono indica que a separação ocorreu há aproximadamente quatro mil anos atrás. Um fato extraordinário ocorre no lago Nabugabo: ele abriga quatro espécies de peixes da família dos ciclídeos que não são conhecidas em nenhum outro lugar, inclusive no lago Vitória, mas cada uma destas espécies se assemelha a uma espécie do lago ancestral. As espécies do lago Nabugabo diferem das espécies parentais óbvias do lago maior na coloração dos machos e em outras características menores. O padrão de coloração do macho é uma importante característica na identificação das espécies, servindo como um sinal de reconhecimento para o acasalamento. As pequenas populações das espécies parentais do lago Vitória foram aparentemente isoladas quando o banco de areia transformou o Nabugabo em um lago separado, e desde então elas vieram a se tornar novas espécies.

Especiação por poliploidia

Um mecanismo que pode levar à especiação rápida é a poliploidia. Um indivíduo poliplóide é aquele que apresenta um número múltiplo exato do genoma característico da espécie. Os poliplóides são designados triplóides (3n), tetraplóides (4n), pentaplóides (5n) etc., conforme tenham três, quatro, cinco ou mais genomas. Os poliplóides podem se originar de duas maneiras principais:

a) por divisão mitótica incompleta, havendo duplicação do número de cromossomos dentro da própria espécie ou pela união de dois gametas

não reduzidos (autopoliploidia)

b) por hibridização interespecífica, seguida por divisão mitótica incompleta (alopoliploidia)

O geneticista russo Karpechenko foi o primeiro a conseguir obter uma espécie nova em laboratório usando a alopoliploidia. Ele cruzou rabanete, *Raphanus* (2n =18), com couve, *Brassica* (2n = 18), desejando obter descendentes com raiz de rabanete e folhas de couve. Para sua decepção, o que conseguiu foram plantas com raiz de couve e folha de rabanete. O híbrido obtido era estéril, pois seus 18 cromossomos não se pareavam na meiose, sendo por isso distribuídos irregularmente nos gametas. A duplicação do número de cromossomos nos híbridos produziu plantas tetraplóides que se mostravam férteis, pois nelas 9 cromossomos da couve pareavam com 9 da couve, e 9 do rabanete com 9 do rabanete. Este tetraplóide recebeu o nome de *Raphanobrassica* e mostrou-se uma nova espécie, geneticamente isolada, tanto da couve como do rabanete, infelizmente sem as qualidades apreciadas daquelas plantas.

Os alopoliplóides, sendo geneticamente isolados dos tipos parentais, constituem novas espécies, nas quais estão combinadas muitas das características de seus ancestrais.

Novas espécies alopoliplóides podem também ser formadas na natureza. Um dos poliplóides mais bem conhecido é uma gramínea de brejo salgado do gênero *Spartina*. Uma espécie nativa deste gênero, *S. maritima*, ocorre em brejos ao longo da costa da Europa e da África. Uma segunda espécie, *S. alterniflora*, do leste da América do Norte, foi acidentalmente introduzida na Grã-Bretanha por volta do ano de 1800 e desenvolveu-se formando grandes colônias locais. A espécie nativa *S. maritima* possui estatura baixa, mas *S. alterniflora* é muito mais alta, alcançando frequentemente 0,5 metro de altura e, ocasionalmente, um metro. Nas proximidades do porto em Southampton, tanto a espécie nativa quanto a introduzida existiram lado a lado , e, em 1870, coletou-se um híbrido estéril, que se reproduzia por rizomas. *S. maritima* possui um número somático de cromossomos (2n) de 60 e *S. alterniflora*, 62; o híbrido, devido a alguma divisão meiótica errada, possui também 62 cromossomos somáticos. Este híbrido estéril, que foi denominado *S. townsendii* persiste até hoje. Por volta de 1890, um vigoroso poliplóide fértil originou-se naturalmente deste híbrido espalhando-se rapidamente por todo o litoral da Grã-Bretanha e noroeste da França. Este poliplóide, *S. anglica*, com 122 cromossomos, surgiu devido à duplicação dos cromossomos do híbrido. *S. anglica* é frequentemente plantado para ligar o lodo dos brejos e tal uso contribuiu para sua rápida disseminação. Na atualidade, está substituindo ambas as espécies parentais.

O Processo de Especiação

O material genético de uma população, interagindo com o meio e submetido às forças da mutação, seleção natural, deriva genética e migração, pode levar ao aparecimento de divergência dentro dessa população. Diferenças substanciais podem ocorrer entre dois grupos de uma dada população, a ponto de se poder identificá-los como entidades distintas. Essas diferenças frequentemente estão associadas à existência de regiões ecologicamente distintas, fato que leva esses grupos a se adaptarem de maneira peculiar. Caracteres de alto valor adaptativo em uma região podem se comportar de maneira diferente em outras. As constituições genéticas de dois ou mais setores de uma população são passíveis de diversificação, por estarem submetidos a pressões seletivas distintas. Se do cruzamento entre membros de dois grupos resultar descendência fértil, admite-se que esses dois grupos constituam "raças". As raças são definidas como populações da mesma espécie, que diferem nas frequências relativas de genes ou de formas cromossômicas.

Se os mecanismos de isolamento tornarem-se cada vez mais eficientes e o fluxo gênico (intercâmbio gênico através da reprodução) entre as raças for cada vez menor, elas tenderão a divergir até o ponto em que a reprodução entre elas se torne impossível. Quando isto ocorrer, o processo de diversificação tornar-se-á irreversível, não haverá mais troca de genes entre os dois grupos e estes poderão, agora, ser considerados duas espécies distintas (Ver Figura 1).

Este processo de especiação descrito por Stebbins pode ser

perfeitamente aceito pelos criacionistas.

O tempo requerido para a formação de uma nova espécie por este processo seria, segundo alguns evolucionistas, em média um milhão de anos. Porém, vários outros cientistas admitem que este processo possa ser muito mais rápido, sendo possível em centenas ou milhares de anos (ver exemplos acima).

Segundo Gibson, o dilúvio e as condições originadas após o seu término teriam sido condições muito favoráveis para uma rápida especiação. A maioria dos organismos foi destruída por esta catástrofe, deixando pequenas populações de sobreviventes. Os vertebrados terrestres foram preservados na arca em pequenos números. Após terem sido liberados da arca, eles teriam encontrado recursos quase ilimitados disponíveis, tornando possíveis rápidos aumentos no tamanho das populações, juntamente com níveis reduzidos de competição. Haveria um grande número de nichos ecológicos desocupados, aos quais os organismos poderiam se adaptar. As condições ambientais da terra estariam instáveis, e processos geológicos como os vulcões, terremotos, e mudanças no nível do mar afetariam o clima, criariam e removeriam barreiras para a dispersão e produziriam muitas catástrofes localizadas que tenderiam a isolar populações de espécies em dispersão.

Aquelas espécies que fossem preservadas fora da arca também estariam sujeitas a condições favoráveis para especiação. Organismos aquáticos poderiam ser transportados por correntes, possivelmente resultando na dispersão de pequenos grupos de sobreviventes para muitos lugares isolados com diferentes condições ambientais. O mesmo poderia acontecer com grupos terrestre tais como insetos, vermes e outros invertebrados. Plantas e sementes poderiam também ser levadas pelas águas e dispersas por correntes. Estas condições provavelmente resultariam em especiação rápida em muitos grupos de organismos.

Figura 1 - Diagrama mostrando a sequência de acontecimentos que leva à diferenciação de raças, subespécies e espécies, tendo como ponto de partida um grupo homogêneo de populações (segundo Stebbins, 1974).

Primeiro estágio	Uma única população em um ambiente homogêneo.
Segundo estágio	Diferenciação do ambiente e migração para novos ambientes produzem diferenciação.
Terceiro estágio	Modificações posteriores e migrações conduzem ao isolamento geográfico de algumas raças e subespécies.
Quarto estágio	Algumas dessas subespécies isoladas se diferenciam no tocante a modificações gênicas e cromossômicas que controlam mecanismos de isolamento
Quinto estágio	Modificações no ambiente permitem que populações geograficamente isoladas coexistam novamente na mesma região. Elas agora permanecem distintas por causa das barreiras de isolamento reprodutivo que as separam e podem ser reconhecidas como espécies distintas.

Conclusão

Mudança nas espécies através dos tempos são irrefutáveis. Porém, essas mudanças são limitadas. A possibilidade de mudanças nas espécies não deveria surpreender os criacionistas. A má compreensão do termo "segundo sua espécie" no livro de Gênesis levou alguns a pensarem que os animais não podem mudar de maneira significativa. Porém uma leitura cuidadosa mostra que o texto está afirmando que Deus criou muitos tipos de organismos em um dia de criação. O termo não diz nada sobre se eles poderiam ou não mudar. Ao contrário, o livro de Gênesis claramente afirma que mudanças iriam acontecer (Gênesis 3: 14, 18). Parece então lógico aceitar o conceito de que Deus criou os "tipos" básicos de organismos, originando a grande variedade de vida ao nosso redor, mas ocorreram mudanças morfológicas limitadas e formação de novas espécies e talvez gêneros. Estas mudanças podem ter acontecido em tempos relativamente curtos, após a criação.

Bibliografia

BRAND, L. R. & GIBSON, J. An interventionist theory of natural selection and biological change within limits. Origins, 2: 60 - 82, 1993.

CARVALHO, H.C. Fundamentos de Genética e Evolução. 3a ed. Rio de Janeiro, Livraria Atheneu, 1987. 556 p.

GARDNER, E. J., SIMMONS, M. J. & SNUSTAD, D. P. Principles of Genetics. 8a ed. New York, John Wiley & Sons, 1991. 649 p.

GIBSON, L. J. Are there limits to change in species? Geoscience Research Institute

MARSH, F. L. Variação e fixidez entre os seres vivos - um novo princípio biológico. Folha Criacionista, 21: 17 - 24, 1979.

MAYR, E. Animal species and evolution. Cambridge, Mass., Belknap Press, Harvard Univers. Press, 1963. 797 p.

MORRIS, H. M. O enigma das origens: a resposta. Belo Horizonte, Editora Origens, 1995. 265 p.

RAVEN, P. H., EVERT, R. F. & CURTIS, H. Biologia vegetal. 2a ed. Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1978. 724 p.

STANLEY, S. M. The new evolutionary timetable. Fossils, genes and the origin of new species. New York, Basic Books Inc. Publishers, 1981.

STEBBINS, G. L. Processos de evolução orgânica. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1970. 255 p.

WEBSTER, C. L. A perspectiva de um cientista sobre a criação e o dilúvio. São Paulo, Editora Universitária Adventista, 1999. 31 p.

WOLFE, S. L. Biology: the foundations. Belmont, Califórnia, Wadsworth Publishing Company, 1977. 460 p.

A explosiva formação de espécies

Nestes últimos anos, deve-se reconhecer que se multiplicaram os exemplos de um processo rápido na formação das espécies. No contexto do modelo criacionista da criação a curto termo, esses exemplos, já interessantes em si, oferecem, além do mais, indícios de formas originais geneticamente polivalentes. Pode servir de prova a bem estudada formação de multidão de espécies entre as diversas espécies de percas.

Rápida formação de espécies entre as percas multicores do lago Vitória

As percas (da família dos ciclídeos, Figura ao lado) representam provavelmente, com suas mais de 1000 espécies e seus cerca de 150 gêneros, o mais rico e diversificado espectro de uma radiação turbulenta dos vertebrados em âmbito microevolutivo (dentro de um tipo básico). As regiões de sua maior propagação são a África e a América do Sul. A maior parte destes peixes de água doce tem de 10 a 30 centímetros de comprimento e os tamanhos extremos variam entre o de um dedo polegar e 70 centímetros ou mais. Já que até ao presente não existem pesquisas no âmbito da biologia dos tipos básicos, não está claro se as famílias representam tais tipos, embora haja indícios a favor.

Existe um grande número de espécies de percas multicores nos grandes lagos da África Oriental (Figura ao lado). No lago Vitória vivem mais de 300 espécies de percas, em sua maioria endêmicas, e cerca de oito gêneros; a maioria, porém, pertence a um gênero único. Faz alguns anos, foi possível demonstrar, com a ajuda de métodos biológico-moleculares que todas as espécies do lago Vitória constituem um grupo monofilético, ou seja, descendem de uma única população original. O que significa que todas as espécies do lago, não obstante a sua diversidade morfológica, devem ter-se desenvolvido ali; não podem, por isso, ser mais antigas que o lago. Os resultados geológicos mais recentes indicam que o lago Vitória, cuja profundidade máxima atinge apenas 69 m, estava totalmente seco, com toda a probabilidade, há cerca de 12.000 anos. Fica assim estabelecida a idade máxima das percas nesse lago. A sua pouca variabilidade genética concorda com sua tão pouca idade. Com isso, as percas multicores do lago Vitória constituem notável exemplo do ritmo da diversificação morfológica, sem a aceleração coincidente da evolução molecular.

Exemplos de percas coloridas dos lagos da África Oriental

ÉTICA

FRAUDES E PLÁGIOS NA CIÊNCIA

Este artigo e uma versão resumida e adaptada de "A epidemia de más condutas na ciência: o fracasso do tratamento moralizador", publicado na revista "Scientiae Studia" (Oliveira, 2015).

Marcos Barbosa de Oliveira

Professor aposentado da Faculdade de Educação (FE- USP) e Professor-colaborador do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH-USP). Membro do Conselho Editorial da Revista Adusp.

A epidemia, o tratamento moralizador e seu fracasso

Os três tipos principais de má conduta na ciência são a fabricação e a falsificação de dados e o plágio (designados pela sigla FFP). Há vários outros tipos: auto-plágio, atribuição indevida de autoria (em artigos com vários autores) etc. A proliferação de desvios éticos que se observa nas últimas décadas já é frequentemente caracterizada como uma epidemia. Dada a ineficácia dos tratamentos disciplinares ou moralizadores, resta, para combater a epidemia, atacar as suas causas. Ou seja: suprimir ou amenizar as pressões produtivistas.

Em dois de seus artigos, publicados pela primeira vez respectivamente em 1942 e 1957, Robert Merton, o pai da Sociologia da Ciência, trata da ocorrência de fraudes e outras modalidades de violação das normas que regem as praticas cientificas. Sua tese é a de que tais ocorrências são extremamente raras: no texto de 1942, ele menciona "a virtual ausência de fraudes nos anais da ciência"; no de 1957, sustenta que "os anais da ciência incluem pouquíssimos casos inequívocos de fraudes" e, referindo-se a plágios, que "o registro histórico mostra relativamente poucos casos (...) em que um cientista tenha efetivamente furtado as ideias de outro"[1]. Estivesse escrevendo nos dias de hoje, Merton certamente não poderia fazer tais afirmações, dada a proliferação de desvios éticos na ciência que vem se observando nas ultimas décadas, frequentemente caracterizada como uma epidemia. No que se segue, vou me referir a ta1 proliferação simplesmente como "a epidemia".

Antes de justificar esse diagnostico, é necessário um esclarecimento terminológico. Em fins da década de 1970, quando vem à tona nos Estados Unidos o problema das violações das normas da pratica cientifica, o termo usado para designa-las era "fraude" (*Fraud*). "Fraude", entretanto, tem conotações éticas muito negativas, evoca a ideia de crime, a ser combatido pela po1icia. Houve então um consenso na comunidade cientifica de que o termo deveria ser evitado, para não prejudicar a imagem pública da ciência. Em seu lugar, adotou-se o eufemismo "má conduta" (*Misconduct*) — que, para não destoar da literatura, será utilizado também neste artigo. Mais precisamente, "más condutas" designam as violações apenas das normas especificas do domínio das ciências, correspondentes ao *ethos* cientifico conceituado por Merton, não as normas da bioética, válidas para toda a sociedade.

Além dos tipos de plágio já mencionados inicialmente, os três tipos principais de má conduta são a fabricação e a fa1si-

ficação de dados e o plagio (comumente designados pela sigla FFP).

Ha vários outros tipos, como o auto-plágio, a atribuição indevida de autoria (em artigos com vários autores), etc., bem como há variedades menos graves de violações das normas, chamadas "praticas de pesquisa questionáveis". "Integridade da pesquisa" (*Research integrity*) é o termo usado para designar a observância das normas.

As evidências que chegam à mídia

Um primeiro indício de que está em curso uma epidemia de más condutas na ciência são os casos escandalosos, amplamente divulgados na grande mídia. O mais rumoroso nos últimos tempos foi o do pesquisador sul-coreano Hwang Woo-Suk, que em 2004 e 2005 ganhou as manchetes por dois artigos publicados na revista *Science*, em que alegava ter tido sucesso na criação de células-tronco embrionárias humanas a partir de um embrião humano clonado, com base em pesquisas que depois se revelaram fraudulentas.

Um escândalo mais recente, o da pesquisadora japonesa Haruko Obokata, também diz respeito a métodos de obtenção de células-tronco. O método de Obokata, denominado STAP (*Stimulus-triggered acquisition of pluripotency*), surgiu como revolucionário, por sua simplicidade: consistia meramente em submeter células adultas a um banho de ácido. A suposta descoberta foi divulgada em dois artigos publicados na *Nature* em janeiro de 2014, mas logo levantaram-se suspeitas sobre a integridade da pesquisa, que foram a seguir confirmadas. Num desdobramento trágico, Yoshiki Sasai - orientador de Obokata e co-autor dos artigos - cometeu suicídio no dia 5 de agosto do mesmo ano.

Como terceiro exemplo ilustrativo, selecionamos um caso muito comentado na região de São Paulo, por envolver a então reitora da USP, professora Suely Vilela. Em 2008 foi publicado o artigo *Anti-viral and antiparasite properties of an L-amino acid oxidase from the Snake Bothrops jararaca*, assinado pela reitora e mais dez co-autores.

Em 2009 houve uma denúncia de plágio e, em seguida, o que e ainda mais grave, a constatação de que o artigo incorria também no que pode ser considerado um tipo de fabricação de dados, a saber, a atribuição de um significado diferente do verdadeiro a uma imagem – no caso, plagiada. Uma Comissão Processante Disciplinar da USP tratou do caso, e em 2010 concluiu ser procedente a denúncia, porém apenas dois dos co-autores foram punidos. A reitora afirmou não ter sido responsável pelas partes do artigo que envolviam más condutas. (ADUSP, 2009; Pasqualino, 2011; FAPESP, 2012)

Os casos rumorosos são importantes não tanto como evidência da epidemia mas porque, na medida em que atingem o grande público, afetam o prestígio da ciência e a confiabilidade do conhecimento científico aos olhos da sociedade. Evidências mais decisivas provêm de estudos empíricos, dos quais há um grande número. Na impossibilidade de resenhar todos, vou me limitar, também a titulo de ilustração, a expor sumariamente dois deles, dentre os que tiveram maior repercussão.

O primeiro é de autoria de D. Fanelli (2009), e consiste numa meta-análise de dezoito sondagens (*surveys*). Na média ponderada dos resultados das sondagens, 2% dos cientistas admitiram ter, pelo menos uma vez, fabricado, falsificado ou alterado dados, e cerca de um terço admitiu uma variedade de outras práticas de pesquisa questionáveis. Em sondagens em que se perguntava sobre o comportamento dos colegas, a fabricação e falsificação de dados teve resposta positiva, em média, de 14%, e, quanto a outras práticas questionáveis, de 72%.

O segundo estudo, de Fang, Steen & Casadevall (2012) usa uma metodologia diferente, baseada na análise do número de artigos científicos despublicados (*retracted*). A despublicação pode decorrer da constatação de alguma forma de má conduta na pesquisa, ou então de algum erro ou falha não intencional, isenta de má fé. O estudo constatou um aumento significativo não apenas no número global de retratações, mas também na porcentagem das decorrentes de más condutas. De acordo com as investigações dos autores, apenas 21,3% das despublicações foram devidas a erros; 67,4% a más condutas, sendo a fabricação ou falsificação de dados responsáveis por 43,4%, o autoplágio por 14,2% e o plágio por

9,8%. A porcentagem de artigos despublicados devido a fraudes aumentou cerca de 10 vezes de 1975 até a data de realização do estudo.

Um desdobramento importante da epidemia é a criação de sistemas digitais de detecção de plágios e auto-plágios. Os sistemas consistem em um programa detector de similaridades entre textos operando sobre uma base de dados composta de uma quantidade enorme de artigos publicados. O sistema mais usado pelas editoras de revistas científicas e o *CrossCheck*, que utiliza o programa *iThenticate* – também utilizado no *Turnitin*. (Butler, 2010)

Há também o *Déjà Vu*, uma base de dados formada por pares de textos com passagens em comum detectadas pelo programa *eTBLAS T*. Uma sondagem feita com base no *Déjà Vu* identificou 79.300 artigos indexados pela *Medline* com trechos repetidos. Desse conjunto, apenas 2.100 artigos foram investigados, e 1.900 despublicados. Mais de 74.000 ainda não foram examinados. (Marques, 2014, p. 41)

O campo do plágio e do autoplágio ê marcado por vários problemas não-resolvidos; crucialmente, quais devem ser os critérios para a caracterização desse tipo de má conduta. Um dos problemas mais difíceis é o que se refere à repetição de trechos de um artigo em outros de mesma autoria, uma vez que em muitos casos a repetição se justifica plenamente com base nos valores da integridade científica, não sendo motivada pelo intuito condenável de inflar o número de publicações dos autores. (Akst, 2010)

As reações à epidemia: comunidade científica, Estado e opinião pública.

Como um todo, a reação à epidemia teve início, desenvolveu-se e continua a se desenvolver, num processo marcado pelo conflito entre duas posições. A primeira - que vou denominar *moralizadora* - consiste em reconhecer a existência e a gravidade da epidemia, promover ou apoiar a tomada de medidas para combatê-la. As medidas tomadas pelos moralizadores visando conter a epidemia constituem o *tratamento moralizador,* que envolve duas modalidades de atuação. Uma delas é de natureza jurídico-policial. Consiste na promulgação de códigos de integridade da pesquisa, que definem as modalidades de más condutas, e estabelecem punições para os culpados, bem como no estabelecimento, em universidades, institutos de pesquisa e agências de fomento, de órgãos e comissões com funções, análogas às dos juízes na justiça comum, de decidir sobre a culpabilidade dos acusados e, em casos positivos, estipular a pena. A outra modalidade é a educativa, e envolve palestras, seminários, oficinas, cursos, presenciais e à distância, etc., com o objetivo de incutir nos pesquisadores os valores e normas da integridade.

A segunda posição é a posição dos *negacionistas*, de vários matizes, que negam a existência da epidemia, ou minimizam sua importância, resistindo às iniciativas dos moralizadores. A posição negacionista é sustentada pelas alegações de que é relativamente rara a ocorrência de más condutas na ciência. E isso não por acaso, mas devido aos procedimentos de controle - principalmente a revisão por pares - que são parte integrante das práticas científicas e, num plano mais geral, à postura crítica própria da ciência. Sendo assim, não haveria necessidade de mudanças ou, no máximo, podem ser aconselháveis alguns ajustes nos procedimentos de controle.

Nos últimos tempos, diante do acúmulo de evidências da epidemia, os negacionistas têm recorrido a um outro argumento, o de que tais evidências refletem não um aumento na ocorrência de mas condutas, mas sim a maior atenção dada ao problema, e ao consequente aperfeiçoamento dos procedimentos de controle e fiscalização. Uma decorrência do argumento, na hipótese de ser válido, é a de que teria ocorrido no passado um número considerável de más condutas nunca detectadas. O argumento tem portanto uma implicação perturbadora, na medida em que lança uma sombra de dúvida sobre a confiabilidade de todo o *corpus* do conhecimento cientifico estabelecido nos últimos séculos.[2]

Ao longo das últimas décadas, a disputa entre as duas posições vem se manifestando de várias formas. O problema veio à tona em primeiro lugar nos Estados Unidos, na virada da década de 1970 para a década de 1980, na esteira de vários casos escandalosos de fraudes, cometidas em instituições de grande prestígio. A reação veio principalmente da parte do Estado.

A primeira medida importante tomada foram as audiências públicas no Congresso, realizadas em 1981, sob a direção do então deputado Al Gore Jr. Numa intervenção presciente, reveladora de um bom entendimento das raízes do problema, disse Gore:

> *Precisamos descobrir se os casos recentes são meramente episódios que entrarão na história da ciência como notas de rodapé, ou se estamos criando situações e incentivos nas ciências biomédicas, e em toda a "Big Science", que tornarão casos como esses a ponta de um iceberg. (LaFollette, 2000, p. 213)*

Durante a década de 1980, o Congresso promoveu várias outras audiências, e desenrolou-se um prolongado e intenso debate público, envolvendo editoriais em revistas científicas, mesas-redondas em diversos fóruns, matérias na grande mídia etc., alimentado pelo surgimento de novos casos rumorosos de má conduta. Na comunidade científica, prevalecia a posição negacionista que, embora reconhecendo a existência (mas não a. gravidade) do problema, propunha apenas a auto-regulação, não havendo entretanto avanços significativos nesse sentido.

Diante do impasse, o Congresso foi levado a criar órgãos reguladores federais. Dois marcos nesse processo foram a promulgação, em 1985, do *Health Research Extension Act*, que obrigou as universidades a tornar medidas de combate à epidemia, e a consolidação, em 1992, do *Office of Research Integrity* (ORI), subordinado ao *Department of Health and Human Services.*

Em outros países, a reação à epidemia começou bem mais tarde. Na Europa, o primeiro episódio marcante foi a publicação, no ano 2000, do documento *Good scientific practice in research and scholarship*, pela Fundação Europeia de Ciência (na sigla em inglês, ESF). Nos anos seguintes o movimento começa a globalizar-se, e em 2007 tem lugar, em Lisboa, a primeira *World Conference on Research Integrity* (WCRI), organizada conjuntamente pelo ORI e a ESF A segunda, terceira e quarta conferências aconteceram respectivamente em 2010 (Cingapura), 2013 (Montreal), e 2015 (Rio de Janeiro).

No Brasil - em nítido contraste com os Estados Unidos - a mobilização não decorreu de ações do Estado, nem de pressões da opinião pública, mas sim de medidas tomadas por grupos da própria comunidade científica - influenciados, sem dúvida, pelos desenvolvimentos em escala global. Começou em fins da década de 2000, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em 2010 realizou-se no Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre, o *I Brazilian Meeting on Research Integrity, Science and Publication Ethics* (BRISPE), por iniciativa de dois órgãos da UFRJ, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (Coppe) e o Instituto de Bio-química Médica (IBqM). O II BRISPE teve lugar nas mesmas cidades, em 2012, e o III em São Paulo, na sede da Fapesp, em 2014.

Dissemos que a reação à epidemia no Brasil foi assumida por *grupos* da comunidade científica porque, de maneira geral, a postura da comunidade tem sido, majoritariamente, de resistência às medidas moralizadoras. Não uma resistência ativa, apoiada em argumentos contestadores da necessidade de tais medidas, mas uma resistência passiva, um "fazer corpo mole" diante das pressões.

Concluindo esta seção, apresentamos um quadro cronológico, cujo principal objetivo é dar uma ideia das dimensões da reação à epidemia, como um sintoma de sua gravidade.

APÊNDICE

Lista de documentos oficiais e semioficiais representativos da reação à epidemia de más condutas na Ciência

1980s	Questão das más condutas emerge nos Estados Unidos.
1985	Também nos Estados Unidos, promulgação do *Health Research Extension Act*.
1993	Idem, criação do *Office of Research Integrity* (ORI).
1997	Criação do *Committee on Publication Ethics* (COPE).
2000	*Office of Science and Technology Policy* dos Estados Unidos: *Federal policy on research misconduct.*
	European Science Foundation: Good scientific practice in research and scholarship.
2006	Criação do *United Kingdom Research Integrity Office* (UKRIO).

APÊNDICE Lista de documentos oficiais e semioficiais representativos da reação à epidemia de más condutas na Ciência	
2007	*1st World Conference on Research Integrity* (WCRI, Lisboa, 1ó-19/9).
	OCDE: *Best practices for ensuring scientific integrity ancl preventing misconduct.*
2010	*2nd WCRI.* (Cingapura 21 -24/7).
	European Science Foundation: Fostering Research Integrity in Europe.
	I Brazilian Meeting on Research Integrity, Science and Publication Ethics (BRISPE, 10, 13, 14, 15, 16/12. Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre).
2011	*European Science Foundation* e *ALL European Academies: The European code of conduct for research integrity.*
	Fapesp institui o Código de Boas Praticas Científicas.
	CNPq publica o relatório da Comissão de Integridade de Pesquisa, Ética e Integridade na Prática Científica.
2012	*Universities UK: The concordat to support research integrity.*
	II BRISPE (28/5 a 1/ó. Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre).
2013	*UK Research Councils: RCUK policy and guidelines on governance of good research conduct.*
	3rd WCRI (Montreal 5-8/5).
2014	III BRISPE (14-15/8, São Paulo, sede da Fapesp).
2015	*4th WCRI* (Rio de Janeiro, 31/5 a 3/6).

Causas da epidemia: produtivismo e producionismo

Em termos abstratos, dada a ocorrência de um fenômeno indesejável, a estratégia padrão para resolver o problema é a que consiste em identificar as causas do fenômeno, e achar um meio de eliminá-las. Eliminando-se as causas, elimina-se o efeito. O princípio também vale para a medicina. Sendo caracterizada uma doença, ou epidemia, procuram-se as causas, e os tratamentos capazes de neutralizá-las.

A qualquer pessoa minimamente familiarizada com a vida acadêmica nos dias de hoje, o aspecto que mais naturalmente ocorre como causa da epidemia é o produtivismo e a competição exacerbada que vêm se impondo nas últimas décadas. "Produtivismo" entretanto é um termo essencialmente crítico, dotado de forte carga pejorativa. Utilizá-lo então desde o início no estudo do fenômeno envolve um pré-julgamento que pode dificultar um debate franco sobre o problema.

Para superar essa dificuldade propomos a introdução do termo *Producionismo,* a ser utilizado em dois sentidos, um geral, outro restrito. Considerada abstratamente, a valorização do aumento de produtividade nada tem de condenável: em princípio, é sempre bom conseguir maior produção com igual, ou menor uso de recursos. "Producionismo", no sentido geral, designa políticas visando o aumento da produtividade, com fundamento nesse principio.

O Producionismo pode se realizar de várias formas; quando se realiza de uma forma inadequada - p. ex., por ter consequências nefastas, não compensadas pela vantagem do aumento de produtividade – então constitui um Produtivismo. No sentido restrito, em que será usado nas considerações a seguir, "Producionismo" designa a forma que o Producionismo (no sentido geral) tem assumido nas últimas décadas (colocando entre aspas o juízo sobre sua qualidade, ou seja: se constitui ou não um Produtivismo).

Apesar de sua plausibilidade, a hipótese de uma relação causal entre o Producionismo e a ocorrência de más condutas tem sido pouquíssimo investigada. Há contudo uma pesquisa muito significativa, apresentada em Anderson *et al.*(2007). A pesquisa fez parte de um estudo de âmbito nacional nos Estados Unidos sobre a integridade da pesquisa, financiado pelo *Office of Research Integrity* (ORI) e pelos *National Institutes of Health* (NHI). Seu tema central consiste no impacto da competitividade fomentada pelo Producionismo em vários aspectos das práticas científicas. Foi adotada uma metodologia qualitativa, baseada em discussões de grupos focais (*focus-groups*); mais precisamente, seis sessões de discussão, das quais participaram 51 pesquisadores de várias áreas, em inicio ou meio da carreira. Os

resultados da pesquisa constituem evidência de que, embora a competição entre cientistas por financiamento, posições e prestígio seja em geral considerada uma saudável força motora, ela tem um lado escuro - uma serie de consequências nefastas.

De acordo com a análise das discussões, a competição contribui para "[1] o carreirismo (*Strategic game-playing*) na ciência, [2] o declínio do compartilhamento livre e aberto de informações e métodos, [3] a sabotagem, por parte de um cientista, da possibilidade de uso de seu trabalho por outros, [4] a interferência nos processos de revisão por pares, [5] a deformação de relacionamentos e [6] as condutas de pesquisa descuidadas ou questionáveis". (Anderson *et al.* 2007, p. 443)

Admitido o papel causal do Producionismo na ocorrência de más condutas, convém examinar as maneiras como se dá essa causalidade. De acordo com a análise que propomos, as pressões producionistas fomentam as más condutas de duas maneiras, a que vamos nos referir com os termos *causa indutora* e *causa facilitadora*.

A causa indutora - que induz o pesquisador a incorrer em más condutas - é bastante fácil de entender. Dada a pressão producionista, especialmente pela exacerbação da competitividade que envolve, e por outro lado a aspiração de subir - ou mesmo, em muitos casos, apenas permanecer - na carreira, não é de surpreender que pesquisadores recorram ao atalho das más condutas, mesmo correndo o risco de serem apanhados. A deliberação assume o caráter de uma análise de custo/benefício: uma comparação das consequências negativas de ser apanhado, moduladas pela probabilidade de isso acontecer, com o esperado avanço na carreira.

Num plano mais geral, a consciência moral - ou, em termos freudianos, o superego - de uma pessoa constitui uma barreira que se interpõe entre o impulso de cometer a violação de uma norma moral e sua realização. No domínio da ciência, a causa facilitadora recebe esse nome porque provoca a corrosão da consciência moral dos cientistas, enquanto cientistas. A explicação de como isso acontece requer uma exposição mais longa, que remete, por um lado, à faceta educativa do tratamento moralizador, por outro lado a uma questão filosófica muito antiga, discutida em dois diálogos de Platão, o *Protágoras* e o *Mênon*.

A questão em pauta - "Pode a virtude ser ensinada?" - é colocada de uma maneira muito direta logo na abertura do *Mênon*, mas as respostas mais relevantes, no presente contexto, são expostas por Protágoras, no diálogo que leva seu nome. Sem pretender acompanhar o raciocínio do sofista, vamos considerar simplificadamente, duas respostas à pergunta, ambas afirmativas, mas diferindo quanto à maneira de ensinar a virtude. A primeira sustenta que a virtude pode ser ensinada do mesmo modo como se ensinam os conhecimentos de áreas do saber, p. ex. a Geometria, ou a Astronomia. Vamos chamar esse modo *pedagogia disciplinar*.

A segunda resposta, defendida por Protágoras, corresponde à *Pedagogia Formativa*. Diferentemente do que acontece na disciplinar, na Pedagogia Formativa a tarefa de ensinar cabe não a um professor especializado na matéria, mas a todas as pessoas com que um indivíduo interage ao longo de sua formação, começando com os membros da família, na primeira infância, depois os amigos, os colegas de escola, professores de todas as disciplinas, e assim por diante. Nos *Diálogos*, Sócrates intervém alegando que a virtude não pode ser ensinada. Faz isso pressupondo o modo disciplinar, e argumentando que existem professores de geometria, de astronomia etc., mas não professores de virtude. Em sua replica, diz Protágoras:

> *Desde que ela [a criança] compreende o que se lhe diz a mãe, a ama, o preceptor e o próprio pai conjugam esforços para que o menino se desenvolva da melhor maneira possível. Toda palavra, todo ato lhes enseja oportunidade para ensinar-lhe o que é justo ou o que é injusto, o que é honesto e o que é vergonhoso, o que é santo e o que é ímpio, o que pode ou o que não pode ser feito. [...] Depois, o enviam para a escola e recomendam aos professores que cuidem com mais rigor dos costumes do menino do que do aprendizado das letras e da cítara. (Platão, 1970, 3250-d, p. 244)*

Concluindo o argumento, Protágoras sustenta que Sócrates não percebe a existência de professores de virtude porque todo o mundo o é.

No que se refere à Ciência, a primeira tese é a de que, com as devidas adaptações, a caracterização da Pedagogia Formativa feita por Protágoras aplica-se perfeitamente ao processo tradicional de formação de cientistas, no que se refere ao desenvolvimento de sua consciência moral. Em Oliveira (2014) tratei extensamente desse processo, entendendo o desenvolvimento da consciência moral como a internalização das normas do *ethos* científico mertoniano, e procurando mostrar, com base em ideias de Hagstrom (1965), o papel crucial nele desempenhado pela dádiva enquanto princípio organizador da Ciência. Na terminologia aqui adotada, podemos dizer que, para Merton e Hagstrom, o desenvolvimento da consciência moral dos cientistas se dá pela Pedagogia Formativa.

A componente educativa do tratamento moralizador, por sua vez, segue predominantemente a Pedagogia Disciplinar. Envolve cursos, palestras, oficinas, etc., muito semelhantes, institucionalmente, aos utilizados no ensino de disciplinas. Em muitos casos, os condutores dessas atividades tornam-se especialistas na matéria, professores de integridade na pesquisa (em outras palavras, de virtude). Nos Estados Unidos, já está consolidada a profissão - ou, pelo menos, o cargo - de *Research Integrity Officer* (RIO). Outra característica típica da Pedagogia Disciplinar é a utilização de manuais (*textbooks*) de integridade na pesquisa (p. ex. Shamoo & Resnick, 2009; D'Angelo, 2012; Macrina, 2014).

Também é significativo que o termo usado para designar tais atividades seja "treinamento" (*training*), em vez de "educação", ou "formação".

Ainda sobre o tópico em pauta, convém observar que nos Estados Unidos, tanto os *National Institutes of Health* (desde 1990) quanto a *National Science Foundation* (desde 2010) exigem a realização de programas de treinamento em integridade da pesquisa como condição formal para a concessão de bolsas e verbas para pesquisas. Tal determinação é a principal causa do extraordinário desenvolvimento, nos últimos tempos, do aparato voltado para a componente educativa do tratamento, naquele país.

Aceita a existência da epidemia - isto é, a tese segundo a qual em certo momento histórico, ao encerrar-se a década de 1970 e iniciar-se a de 1980, as más condutas na ciência começaram a proliferar, sendo anteriormente um fenômeno relativamente raro - é razoável inferir que a pedagogia formativa era eficaz, promovia de fato a internalização das normas, mantendo baixa a ocorrência de más condutas. Deste ponto de vista, a pedagogia disciplinar surge como uma reação ao solapamento da formativa.

A seguir mostraremos - como parte de um questionamento do tratamento moralizador como um todo – que a pedagogia disciplinar não está se revelando eficaz.

Caráter sintomático do tratamento moralizador

Mencionamos acima a estratégia padrão para evitar a ocorrência de um fenômeno indesejável, que consiste em identificar e neutralizar suas causas. Na medicina a estratégia nem sempre é viável, pois muitas vezes não se consegue descobrir as causas de uma doença ou epidemia ou, feita a descoberta, não se encontram meios de neutralizá-las. Nesses casos, a alternativa é atacar os sintomas, procurando minorar os sofrimentos que provocam nos pacientes. Trata-se de um "Plano B", o chamado *tratamento sintomático*.

Na literatura sobre a integridade da pesquisa, há pouquíssimas manifestações de interesse pelas causas da epidemia. Dada sua amplidão, um exame exaustivo dessa literatura é praticamente inviável. Para contornar tal problema, adotamos a estratégia de concentrar o foco nos documentos oficiais, ou semi-oficiais, representativos da reação do *establishment* científico à epidemia. A lista de documentos selecionados para exame consta do Apêndice deste trabalho.

Em todo esse conjunto de textos, encontra-se apenas uma menção às causas da epidemia. Trata-se de uma passagem do documento da *European Science Foundation* (2000, p.4) em que se constata o impacto do Produtivismo enquanto causa indutora das más condutas. Apesar dessa constatação, entretanto, não se encontra no documento proposta ou sugestão alguma de atacar as causas como estratégia para conter a epidemia. O mesmo vale, naturalmente, para os documentos em

que a constatação não figura. Não resta dúvida, portanto, que o tratamento moralizador não passa de sintomático. A relutância em enfrentar o problema do Produtivismo como causa da epidemia deve-se, a nosso ver, ao conflito que adviria com elementos do ideário neoliberal, incorporados às novas formas de administração das atividades científicas.

Ineficácia, custo, judicialização

Ser sintomático não é suficiente para que um tratamento seja desaconselhável. Na Medicina, em muitos casos, é o melhor que se pode fazer. O tratamento moralizador em pauta, entretanto, tem pelo menos três outras deficiências. A mais séria, naturalmente, é sua ineficácia. Apesar de todos os esforços e iniciativas do movimento moralizador, não há indícios de que a epidemia esteja regredindo, antes pelo contrário. Levando em conta o que vem sendo aplicado há décadas, particularmente nos Estados Unidos, as pesquisas mais recentes que comprovam a epidemia constituem também evidências do fracasso do tratamento. A própria intensificação das medidas moralizadoras, bem como a frequência crescente de realização de congressos e similares, apontam na mesma direção.

Para reforçar essa tese, vale a pena mencionar a avaliação de N. Steneck, um dos principais líderes mundiais do movimento moralizador, com mais de trinta anos dedicados ao problema. Num artigo recente, ao tratar da componente educativa do tratamento, diz ele:

> *Apesar desses desenvolvimentos encorajadores, o futuro do treinamento em conduta responsável na pesquisa está longe de estar assegurado. Os estudos de efetividade foram até agora majoritariamente inconclusivos. Os estudantes respondem favoravelmente e podem desenvolver habilidades tais como resolução racional de problemas, mas impactos a longo prazo no comportamento não foram demonstrados. (Steneck, 2013, p. 552)*

E, numa outra passagem do artigo, fazendo uma avaliação mais geral da mobilização da comunidade cientifica:

> *Más condutas na pesquisa permanecem um problema não resolvido apesar de 30 ou mais anos de esforços locais, nacionais e globais para reduzi-las ou elimina-las. Para cada caso confirmado de sério mau comportamento ou má conduta, 10 ou mais podem existir, além de muitas ocorrências de práticas pouco profissionais de menor gravidade. Por baixo da superfície dos casos visíveis, a estrutura subjacente que apoia a conduta responsável na pesquisa tem falhas significativas. (Steneck, 2013, p. 552)*

Um outro defeito do tratamento moralizador é seu custo. A questão é importante o suficiente para motivar estudos visando estimar os recursos mobilizados, uns referentes à componente jurídico-policial de atuação, outros à educativa, e outros simultaneamente às duas componentes. Entre os dessa última categoria, encontram-se (principalmente nos Estados Unidos, mas também na Europa) os salários dos *Research Integrity Officers* (RIOS), cujo trabalho diz respeito às duas modalidades. O mesmo vale, de maneira geral, para os congressos, seminários, e congêneres. Quanto às atividades educativas, há que se considerar o tempo de trabalho dos professores e funcionários que a elas se dedicam, mesmo quando não remunerados especificamente por essa dedicação, os recursos empregados na elaboração de manuais e outros materiais didáticos, as despesas com instalações e equipamentos etc.

Para dar uma ideia dos valores envolvidos, convém citar os resultados de algumas investigações. Michalek *et al.* (2010), com base num estudo de caso, estimam em US$ 110 milhões o custo de 527 casos informados ao ORI em um ano. Gammon & Franzini (2013), considerando 17 casos de má conduta registrados no ORI no período de 2000 a 2005, chegaram a um valor médio de US$ 170.000. Numa outra amostragem, de 149 artigos, também com base nos dados do ORI, a média calculada foi de US$ 390.000. (Stern *et al.*, 2014)

Para completar essas observações, convém comparar os custos do tratamento moralizador com a situação prevalecente antes do advento da epidemia. No que se refere à dimensão educativa, o contraste se dá entre a pedagogia disciplinar e a formativa. Nesta, todos os fatores que contribuem para o desenvolvimento da consciência moral dos cientistas, enquanto cientistas, são tão intimamente ligados à sua formação

como um todo que é praticamente impossível separá-los, e fazer uma estimativa de seu custo. Quanto aos outros tipos de custos, sendo a frequência de más condutas muito menor, eram também proporcionalmente menores as despesas na dimensão jurídico-policial e os prejuízos causados pelas más condutas. Com um pouco de exagero, pode-se afirmar que, no período anterior à eclosão da epidemia, a maneira de lidar com o problema das más condutas tinha um custo nulo. No que se refere aos custos, portanto, o tratamento moralizador fica também em clara desvantagem na comparação com as práticas tradicionais.

Diante da necessidade percebida de controlar as práticas de pesquisa de modo a evitar as más condutas, a comunidade científica - nisso não diferindo de outras associações profissionais - tem marcada preferência pela auto-regulação, ou autocontrole. O ideal para ela é que a formulação dos códigos de integridade, as investigações dos casos suspeitos, a imposição de punições etc. fiquem sob sua inteira responsabilidade, não envolvendo a justiça comum.

Não obstante, observa-se na literatura mais recente certo enfraquecimento da reivindicação de autocontrole. A novidade é o aparecimento de vozes, umas mais, outras menos diretamente representativas da comunidade cientifica que, motivadas pelo fracasso do tratamento moralizador, defendem o recurso à justiça comum, ou seja, a judicialização, para lidar com o problema. Uma das intervenções mais significativas nessa linha foi o editorial da revista *Nature* (2013), provocativamente intitulado *Call the cops*.

Não importando a posição, pró ou contra, que se adote nessa disputa, o fato é que não está ao alcance da comunidade científica impedir a passagem de processos para a justiça comum, por iniciativa ou dos pesquisadores investigados, ou de promotores públicos. E nos últimos tempos tem nitidamente aumentado o número de vezes em que isso acontece. No âmbito do autocontrole, são limitados os tipos de punição aplicáveis a perpetradores de má condutas, uma vez que incluem apenas penalidades administrativas, como a demissão da universidade ou instituto de pesquisa em que o pesquisador trabalha, a proibição de receber novos auxílios à pesquisa provenientes de fundos públicos, a cassação de títulos de mestrado, doutorado, etc. Obviamente, penas de prisão só podem ser impostas pela justiça comum. A frequência cada vez maior de casos, como vem ocorrendo, em que o pesquisador condenado por má conduta vai para a cadeia é, portanto, clara evidência de judicialização. (Maslen, 2013; Marcus & Oransky, 2014; Tuffani, 2014)

Conclusão: em busca da sensatez

Dado o fracasso, e demais inadequações do tratamento moralizador sintomático, não havendo uma terceira alternativa, só resta, para combater a epidemia, um tratamento com foco nas causas. Ou seja, em vista do exposto, um tratamento visando idealmente suprimir ou, mais realisticamente, amenizar progressivamente as pressões produtivistas.

Mas quais seriam os princípios norteadores dessa estratégia?

A limitação do espaço me impede de tratar dessa questão aqui. O máximo que posso fazer é remeter o leitor ao artigo mencionado acima: Oliveira (2014). Nesse ensaio, exponho um contraste entre a forma mercadoria e a forma dádiva como princípios organizadores da Ciência, bem como entre as modalidades de avaliação próprias de cada uma. Na forma mercadoria (que vem se impondo na ciência como faceta do processo de ascensão do neoliberalismo), a avaliação é predominantemente quantitativa (enquanto reflexo da natureza essencialmente quantitativa da mercadoria), e constitui a peça-chave do modo produtivista de administração. O combate ao Produtivismo requer portanto o desenvolvimento e promoção de novas modalidades de avaliação. Nas seções finais do artigo proponho um esquema conceitual como fundamento para a transição do quantitativo para o qualitativo na avaliação, e sugiro algumas balizas para o movimento em prol de formas mais sensatas de organização das práticas acadêmicas.

Notas

(1) Cf. Merton, 1973a, p. 276; 1973b, p. 309 e 312.

(2) A nosso ver, não foi o fortalecimento da fiscalização que levou ao aumento no número de ocorrências detectadas: foi o aumento, indistintamente percebido, no número real de ocorrências, que levou ao fortalecimento da fiscalização. De acordo com essa interpretação, o aumento no número de ocorrências detectadas reflete tanto o fortalecimento da

fiscalização quanto o aumento no número real de ocorrências.

Referências bibliográficas

ADUSP. Denúncia de plágio contra grupo de pesquisa da reitora. *Informativo Adusp* 296, p. 3, 3/11/2009.

AKST, JEF. When is self-plagiarism ok? *The Scientist*, 9/9/2010.

ANDERSON, M. S. *et al.* The perverse effects of competition on scientists work and relationships. *Science and Engineering Ethics* 13, 2007.

BUTLER, D. Journals step up plagiarism policing. *Nature* **466**(167), 5/7/2010.

D'ANGELO, J . "Ethics in science: ethical misconduct in scientific research". Boca Raton (Fl): CRC Press, 2012.

FANELLI, D. How many scientists fabricate and falsify research? A systematic review and meta-analysis of survey data. *PLoS ONE* **4**(5), 2009.

FANG, F. C.; STEEN, R. G. & CASADEVALL, A. Misconduct accounts for the majority of retracted scientific publications. *PNAS*, **109** (42), 2012.

FAPESP. *Processo* 09/343, 2012. Disponível em: <*http://www.fapesp.br/8576*>. Acesso em 9 Dez. 2014.

GAMMON, E. & FRANZINI, L. Research conduct oversight: defining case costs. *Journal of Health Care Finance*, 40, 2013.

HAGSTROM, W. O. "The scientific community". Nova York: Basic Books, 1965.

LAFOLLETTE, M. C. The evolution of the "scientific misconduct" issue: an historical overview. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* **224**(4), 2000.

MACRINA, F. L. "Scientifc integrity". Washington: ASM Press, 2014.

MARCUS, A. & ORANSKY, I. Commit fraud, go to jail? The case for criminalising scientific conduct. *Lab Times* l, 2014.

MARQUES, F. Do compromisso à ação. Pesquisa FAPESP 223, 2014.

MASLEN, G. Scientists sent to prison for fraudulent conduct. *University World News*, 269, 2013.

MERTON, R. K. The normative structure of science. *In* Merton, The sociology of science: theoretical and empirical investigations. Chicago: University of Chicago Press, 1973a.

MERTON, R. K. "Priorities in scientific discovery". *In* Merton, "The sociology of science: theoretical and empirical investigations". Chicago: University of Chicago Press, l973b.

MICHALEK, A. M. *et al.* The costs and underappreciated consequences of research misconduct: a case study. *PLoS Medicine* (7)8, 2010.

NATURE. Editorial. Call the cops. Nature (**584**)7478, 5/12/2013.

OLIVEIRA, M. B. A dádiva como princípio organizador da ciência. *Estudos Avançados*, **28**(82), 2014.

OLIVEIRA, M. B. A epidemia de más condutas na ciência: o fracasso do tratamento moralizador. *Scientiae Studia* **13**(4), 2015.

PASQUALINO, B. Exoneração de professor reaviva polêmica na USP. *Revista Adusp*, nº 50, junho 2011.

PLATÃO. "Protágoras". *In* "Platão, Diálogos". São Paulo: Melhoramentos, 1970.

SHAMOO, A. E. & RESNICK, D. B. "Responsible conduct of research". Nova York: Oxford University Press, 2009.

STENECK, N. Global research integrity training. *Science* **340**(6133), 2013.

STERN, A. M. *et al.* Financial costs and personal consequences of research misconduct resulting in retracted publications. *eLife*, 2014.

TUFFANI, M. EUA prendem cientista que admitiu fraude em pesquisa. *Folha de S. Paulo*, p. C7, 25/6/2014.

TRÊS CASOS DE MÁ-CONDUTA

Hwang Woo-Suk

Yoshiki Sasai

Suely Vilela

Além dos três casos mencionados no texto do artigo, muitos outros têm sido divulgados pela imprensa em geral, além dos que têm ficado mais restritos ao meio acadêmico.

A verdadeira "epidemia" considerada neste artigo tem sido considerada em várias notícias divulgadas pela Revista Criacionista, dentre as quais as seguintes:

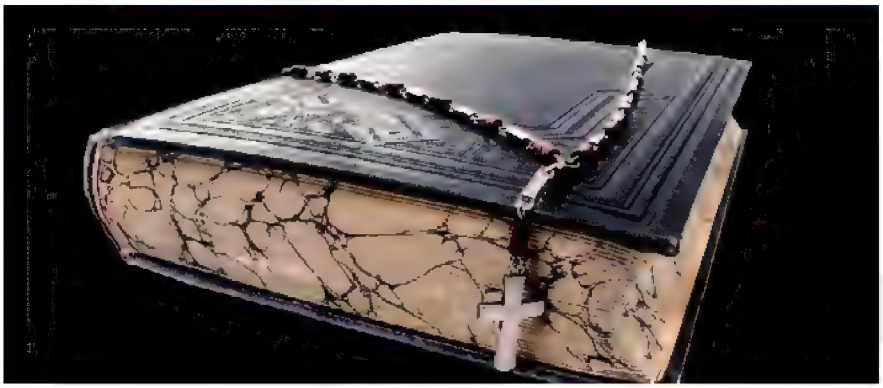
- Entre o blefe e a sinceridade - Visão, na Folha Criacionista nº 16
- Burt acusado de falsidade - Ciência e Cultura, na Folha Criacionista nº 21
- A fraude de um Jesuíta - Visão, na Folha Criacionista nº 25
- Os trapaceiros de avental branco - O Estado de São Paulo, na Folha Criacionista nº 25
- Fraude e a estrutura da Ciência - William J. Broad, na Folha Criacionista nº 26
- Religião, Ética e Ciência - *American Scientific Affiliation*, na Revista Criacionista nº 80

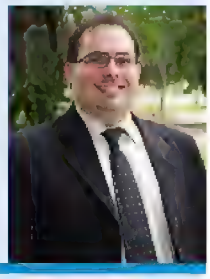
ESTRUTURAS CONCEITUAIS E IDEOLOGIAS

ENSINO RELIGIOSO EM ESCOLAS PÚBLICAS E AS MINORIAS?

UMA ANÁLISE DA DECISÃO DO SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL

O Supremo Tribunal Federal poderia ter rompido com a tradição sedimentada que admite o problemático entrelaçamento entre Religião e Estado. Infelizmente, o precedente reafirmou tal tradição, em prejuízo de milhões de estudantes que frequentam as escolas públicas e, a partir de agora, serão doutrinados religiosamente nas salas de aula. Este artigo foi originalmente publicado em 12/10/2017.





Fábio Portela Lopes de Almeida

Doutor em Direito (UnB) e *Visiting Researcher da Harvard Law School* – 2013/2014. É autor do livro "Liberalismo Político, Constitucionalismo e Democracia: a Questão do Ensino Religioso nas Escolas Públicas", publicado pela Editora Argvmentvm (2007).

A discussão relativa às relações entre Igreja e Estado sempre esteve presente em nossa história constitucional. Ultrapassado o regime do Padroado vigente em nossa história pré-republicana, a afirmação da laicidade em 1891, com a consequente afirmação do princípio basilar da separação entre Igreja e Estado, é uma história repleta de progressos e retrocessos. Nas últimas semanas, essa história ganhou um novo capítulo, com a decisão do Supremo Tribunal Federal que, em apertada maioria, decidiu ser constitucional o ensino religioso com caráter confessional nas escolas públicas brasileiras.

A laicidade sempre foi um tema delicado na tradição constitucional brasileira. Ainda durante as discussões a respeito da Revisão Constitucional de 1925-1926, por exemplo, o país chegou perto de ver revogada a separação entre Igreja e Estado, prevista na Constituição de 1891. Naquela oportunidade, foram propostas as Emendas nº 9, que estabelecia o ensino religioso facultativo, e nº 10, que reconhecia a "Igreja Católica como religião do povo brasileiro". Embora tenha obtido maioria de votos (89 votos favoráveis e 60 votos contrários à emenda), a Emenda nº 9 não foi aprovada por não ter sido alcançado o quórum qualificado previsto na Constituição e, com a rejeição, a Emenda nº 10 foi retirada de pauta.

Desde a Constituição de 1934, todas as constituições previram

o ensino religioso de oferta obrigatória, mas matrícula facultativa. O debate na Assembleia Constituinte de 1933 foi especialmente singular. Naquela oportunidade, a maioria católica sofreu grande oposição de grupos liberais – entre os quais expoentes da Educação Nova, como Anísio Teixeira -, que se uniram não apenas a positivistas, socialistas e maçons, mas também aos protestantes.

A posição dos evangélicos naquela oportunidade é útil para compreender a natureza da discussão. O deputado Guaraci Silveira, da ala protestante, descreveu a proposta como "uma forma de opressão à consciência das crianças", já que tradicionalmente os professores católicos utilizavam a disciplina para catequizar os alunos em sua própria fé. Naquela oportunidade, o deputado lembrava que as minorias protestantes não teriam como atender os requisitos básicos para formar turmas que justificassem a oferta de turmas para alunos de famílias evangélicas.

Assim como os protestantes, maçons, liberais, positivistas e socialistas temiam o proselitismo em sala de aula, em nítida opressão a minorias religiosas e laicas que não poderiam ser jamais representadas em classe. E, efetivamente, o que se viu nas décadas seguintes confirmou o diagnóstico de Guaraci Silveira. Tradicionalmente, como descreve José Silvério Baía Horta em comentários à Constituição de 1934, a Igreja Católica utilizou a disciplina como "arma poderosa contra o Liberalismo e no processo de inculcação dos valores que constituíam a base ideológica do pensamento político autoritário". Na prática, ainda que as Constituições não previssem a primazia de qualquer religião sobre as demais, a religião católica era a única ofertada nas escolas públicas brasileiras.

A posição de Guaraci Silveira apresenta o grande problema constitucional de atribuir natureza confessional à disciplina. No cerne da questão está o fato de que, nas condições de pluralismo religioso que caracterizam a sociedade brasileira, a representação das minorias religiosas estará necessariamente excluída da disciplina, por razões pragmáticas e jurídicas.

Evidentemente, o Estado não tem condição de ministrar a disciplina de modo a oferecer cursos voltados a cada uma das religiões que compõem o horizonte demográfico pátrio. Além de católicos e evangélicos em suas diversas matrizes, há as várias religiões de matriz africana, que sofrem intensa perseguição religiosa; múltiplas variações de espiritismo; judaísmo; islamismo; budismo; religiões hoasqueiras, como Santo Daime e União do Vegetal; neopaganismos diversos, a exemplo da Wicca, Ásatrú e Neo-druidismo; e não se pode deixar de lado as posições seculares como o Ateísmo e o Agnosticismo que, do ponto de vista estatal, também refletem uma concepção doutrinária a respeito da divindade e não poderiam ser excluídas.

Mesmo que o Estado tivesse condições de ofertar disciplinas caracterizadoras de cada doutrina religiosa presente na demografia brasileira, ainda assim a oferta de ensino confessional é problemática do ponto de vista da dogmática constitucional.

Ainda que a Constituição, no art. 210, § 1º, estatua a oferta obrigatória de ensino religioso (com matrícula facultativa) nos cursos de ensino fundamental, é certo que a adequada interpretação do instituto demanda uma confrontação com os direitos à liberdade religiosa e à separação entre Igreja e Estado, bem como com a finalidade do ensino público na democracia brasileira.

Do ponto de vista constitucional, existem apenas dois motivos a justificar a oferta da disciplina de ensino religioso nas escolas públicas. Em primeiro lugar, o ensino público objetiva a formar cidadãos autônomos, capazes de tomar decisões próprias a respeito de todas as dimensões que afetarão sua vida – aquilo que, seguindo John Rawls e Jürgen Habermas, poderíamos denominar de autonomia privada. Daí se segue que o ensino deve apresentar os fundamentos básicos de todas as ciências, a fim de que os estudantes se tornem capazes de identificar seus melhores talentos e possam decidir suas carreiras profissionais. Mas o ensino público também deve formar cidadãos capazes de decidir a respeito de questões públicas, tornando-se aptos a votar e serem eleitos, discutir matérias de interesse coletivo e respeitar os direitos dos demais – a autonomia pública.

Dessa perspectiva, a previsão constitucional do ensino religioso se justifica apenas por dar aos estudantes um espaço para, no domínio da religião, exercerem

as duas formas de sua autonomia. Por um lado, os alunos podem aprender os fundamentos de várias religiões distintas para que possam, paulatinamente, decidir sua própria postura a respeito da religião e, se for o caso, seguirem aquela que melhor se conforma à sua consciência (autonomia privada). Por outro lado, ao aprender os fundamentos de várias religiões, o estudante se torna capaz de tolerá-las, abrindo espaço para o diálogo fundamental que sustenta uma democracia constitucional (autonomia pública).

É certo que o ensino confessional não realiza qualquer desses fins. Ao autorizar que determinadas religiões doutrinem os alunos em sala de aula, nega-se tanto um espaço de tolerância às diversas religiões quanto diminui a possibilidade de que o aluno venha a desenvolver uma concepção crítica a partir da qual possa, autonomamente, decidir que religião melhor se amolda a suas crenças.

Daí porque o ensino de caráter interconfessional teria um perfil mais compatível com uma democracia plural como a brasileira. À luz desse modelo, os alunos conviveriam com colegas das mais diversas matrizes religiosas em um espaço voltado à discussão da religião. Aprenderiam a tolerar diferenças, bem como os fundamentos de várias posições religiosas e seculares, de modo que estariam melhor informados para tomar uma decisão tão relevante para suas vidas.

Do ponto de vista das liberdades religiosas e da separação entre Igreja e Estado, o ensino religioso de caráter confessional denota que existe, sim, a preferência estatal por formas específicas de religiosidade.

Tal afirmação não é mera ilação teórica, mas uma constatação empírica. No início dos anos 2000, o Estado do Rio de Janeiro promulgou a Lei Estadual nº 3.459, que instituía ensino religioso de caráter confessional. O edital do concurso para contratação de professores para a disciplina já denotava os diversos problemas do ensino confessional, quando examinado à luz da premissa da laicidade. Um dos dispositivos do edital previa que, caso o docente "perdesse a fé e se tornasse agnóstico ou ateu", se sujeitaria a procedimento administrativo que poderia acarretar sua demissão. Em outro ponto, o edital previa que os candidatos deveriam ser previamente credenciados junto às autoridades religiosas.

Mesmo após a judicialização do concurso, que levou à alteração do edital, o resultado denota que certas religiosidades foram privilegiadas. Em primeiro lugar, apenas algumas religiões têm "autoridades" centrais, aptas a credenciar professores. É o caso, por exemplo, da religião católica, que tem autoridades claramente designadas pelo Vaticano. No caso do Rio de Janeiro, apenas conseguiram se habilitar professores católicos, evangélicos e judeus. A atitude dos espíritas foi exemplar: a União das Sociedades Espíritas do Estado se recusou a habilitar candidatos, por ser contrária ao ensino confessional.

Com isso, apenas os alunos cujas famílias fossem católicas, evangélicas ou judias teriam possibilidade de assistir a aulas que refletissem sua fé. Todos os demais estariam excluídos da disciplina, passando a imagem de descaso estatal com relação a religiões minoritárias. E é certo que, muitas vezes, os alunos que não assistem à disciplina são literalmente excluídos. Como narra o educador Luiz Antonio Cunha, os alunos não matriculados são retirados da sala, enviados para salas de aula vagas, para a secretaria ou mesmo para lugares onde são aplicados castigos aos alunos indisciplinados. É difícil não ver tal quadro como uma opção estatal por determinadas religiões e pela exclusão dos alunos que não pertencem às formas de religiosidade privilegiadas pelo Estado.

Além disso, ao delegar aos pais a escolha da religião a ser ministrada para cada aluno, o modelo de ensino confessional supõe que compete aos pais escolherem a religião de seus filhos. Ainda que essa seja uma consequência da educação das crianças no seio familiar, onde os pais têm plena autonomia para introduzir seus filhos em suas concepções filosóficas e religiosas, não há justificativa para que o Estado seja utilizado como meio para educar alunos e adolescentes nas religiões abraçadas por seus pais. A escola pública – para acompanhar Eamon Callan – não é uma extensão do domínio doméstico, mas uma instituição pública voltada à produção de cidadãos cônscios de seus deveres e aptos a tomar decisões.

Ao decidir pelo ensino de caráter confessional, o Supremo Tribunal Federal optou por

uma problemática compreensão constitucional a respeito do ensino religioso. Se rechaçarmos qualquer vínculo da Igreja com o Estado na Revisão Constitucional de 1925/1926, a decisão da Corte Suprema legitimou a reconexão do Estado brasileiro com formas específicas de religiosidade, excluindo todas as religiões que não se acomodam ao modelo privilegiado.

Caminhamos na contramão das democracias mais avançadas. Desde 1947, quando a Suprema Corte norte-americana julgou o caso *Everson vs. Board of Education*, compreende-se a separação entre Igreja e Estado a partir de um princípio de neutralidade: o Estado não pode, sob qualquer prisma, privilegiar uma religião em detrimento de outras. Em 1971, reafirmou tal princípio no julgamento de Lemon v. Kurtzman, ao estabelecer que nenhuma ação governamental pode ter como efeito primário proibir ou favorecer religiões específicas e que jamais pode haver um entrelaçamento excessivo entre Igreja e Estado. Na Alemanha, outra referência para o direito constitucional pátrio, o Tribunal Constitucional Federal já decidiu pela inconstitucionalidade da manutenção de crucifixos em salas de aula das escolas públicas, por violar a separação entre Igreja e Estado.

É certo que, tradicionalmente, os princípios da liberdade religiosa e da laicidade têm sido interpretados de modo problemático. Até hoje, as salas de sessão dos Tribunais têm crucifixos que denotam a conexão entre os domínios público e a religiosidade cristã – e, mais particularmente, a religião católica. A decisão do STF sobre o ensino religioso também caminhou nesse sentido, na medida em que um efeito inexorável do precedente firmado será a primazia de determinadas religiões nas salas de aula das escolas públicas.

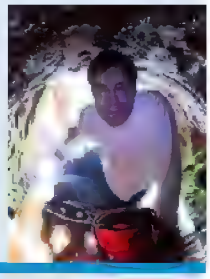
Como afirma Cass Sunstein, professor da *Harvard Law School*, uma das funções primordiais de uma Constituição é romper com tradições, imprimindo uma racionalidade pública por meio das instituições. Nesse sentido, o Supremo Tribunal Federal poderia ter rompido com a tradição sedimentada que admite o problemático entrelaçamento entre religião e Estado. Infelizmente, o precedente reafirmou tal tradição, em prejuízo de milhões de estudantes que frequentam as escolas públicas e, a partir de agora, serão doutrinados religiosamente nas salas de aula.

Bandeira Nacional, Brazão da República e Crucifixo

MORFOLOGIA E CATASTROFISMO

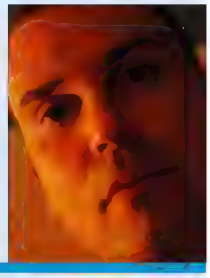
No Brasil, as principais instituições de pesquisa da área se uniram há dois anos e criaram a Rede Sismográfica do Brasil, que dispõe de 50 estações sismológicas e pretende chegar a 80. Quanto mais terremotos se observarem, mais detalhes da espessura da crosta poderão ser identificados. E, com mais detalhes, é possível criar modelos que permitam predizer com mais precisão as áreas sob risco de tremores de maior magnitude. Entretanto, "a Sismologia não consegue prever terremotos e, mesmo que conseguisse, não poderia evitá-los; por isso, temos de aprender a conviver com eles e nos proteger deles."

Este artigo foi publicado na Revista "PESQUISA FAPESP" de maio de 2013, edição 207, e os autores abordam o trabalho desenvolvido no projeto de pesquisa de pós-doutoramento de Victor Sacek.



Igor Zolnerkevic

Formado em Física pela USP. Começou sua iniciação científica no final de 2000, orientado por George Matsas, do Instituto de Física Teórica da Unesp e passou a colaborar com reportagens para jornais e revistas, incluindo a "Pesquisa Fapesp".



Ricardo Zorzetto

Formado em Jornalismo pela USP, tem especialização em Jornalismo Científico pela Unicamp e Mestrado em Ciências pela Unifesp. Desde 2007 é Editor-Executivo de Ciência da revista "Pesquisa Fapesp".

POR QUE A TERRA TREME NO BRASIL

SISMÓLOGOS PROPÕEM UMA NOVA EXPLICAÇÃO PARA OS TERREMOTOS NO PAÍS

Em 8 de outubro de 2010 a terra tremeu como jamais se havia visto em Mara Rosa, cidade com 10 mil moradores no norte de Goiás. Passava um pouco das 5 da tarde daquela sexta-feira e as pessoas se preparavam para o fim de semana quando o chão balançou tão intensamente a ponto de se tornar difícil ficar em pé. Árvores chacoalharam, paredes trincaram e telhas despencaram das casas. Menos de um minuto mais tarde, os reflexos desse terremoto de magnitude 5, um dos mais fortes registrados no país nos últimos 30 anos, haviam percorrido 250 quilômetros e alcançado Brasília, onde alguns prédios chegaram a ser desocupados. "Muita gente em Mara Rosa pensou que a terra fosse se abrir e o mundo acabar", conta Lucas Barros, chefe do Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (UnB). Nas semanas seguintes Barros e sua equipe instalaram sismógrafos em Mara Rosa e nos municípios vizinhos para acompanhar a reverberação daquele tremor. Em seis meses, outros 800 sismos, menos intensos, ocorreram ali e ajudaram a determinar a causa direta do desassossego da terra naquela região. Bem abaixo de Mara Rosa, a uns três quilômetros de profundidade, há uma extensa rachadura na crosta terrestre, a camada mais rígida e externa do planeta. E, ao longo dessa fratura que se estende por cinco quilômetros, as rochas haviam se deslocado, fazendo a terra tremer. "Tivemos de fazer audiência pública em Mara Rosa e em Mutunópolis para explicar às pessoas o que estava ocorrendo e o que elas deviam fazer para se proteger", diz Barros.

A identificação dessa fratura não chegou a surpreender o grupo da UnB. Mara Rosa e outros municípios do norte de Goiás e do sul de Tocantins se encontram em uma região geologicamente instável: a zona sísmica Goiás-Tocantins, que concentra 10% dos terremotos do Brasil. Parte dos geólogos atribui a elevada frequência de tremores nessa área – uma das nove zonas sísmicas delimitadas no país, com 700 quilômetros de comprimento por 200 de largura – à proximidade com o Lineamento Transbrasiliano, uma extensa cicatriz na crosta terrestre que cruza o Brasil e, do outro lado do Atlântico, continua na África. Acredita-se que ao longo do lineamento a crosta seja mais frágil por concentrar blocos rochosos

Um perfill continental

A ilustração apresenta variações no relevo (linha branca) e na crosta da América do Sul

trincados que, sob compressão, se movimentariam mais facilmente produzindo terremotos.

Mas nem todos concordam. Muitas vezes a localização dos tremores não coincide com a desse conjunto de falhas e, em certos trechos dele, nunca se detectaram tremores. Quem duvida da influência direta do lineamento sobre os sismos dessa região aposta em causas mais profundas, como as que acabam de ser identificadas por um grupo de pesquisadores do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) a partir do levantamento da espessura da crosta terrestre no país, recém-concluído.

Em um trabalho publicado em fevereiro deste ano na *Geophysical Research Letters*, o sismólogo Marcelo Assumpção e o geofísico Victor Sacek apresentam uma explicação mais completa – e, para muitos, mais convincente – para a concentração de tremores em Goiás e Tocantins.

Marcelo Sousa de Assumpção

Victor Sacek

Em algumas áreas dessa zona sísmica a crosta terrestre é mais fina do que em boa parte do país e encontra-se tensionada pelo peso do manto, a camada geológica inferior à crosta e mais densa do que ela. Medições da intensidade do campo gravitacional nessas áreas de crosta fina indicam que, ali, há um espessamento do manto. Essa combinação faz essas duas camadas de rocha – a crosta e a região superior do manto, que do ponto de vista físico se comportam como uma estrutura única e rígida chamada pelos geólogos de litosfera – vergarem como um galho prestes a se romper. Nessa situação, a litosfera pode trincar como uma régua de plástico que é curvada quando se tenta unir suas extremidades.

Ver infográfico na Revista "PESQUISA FAPESP"

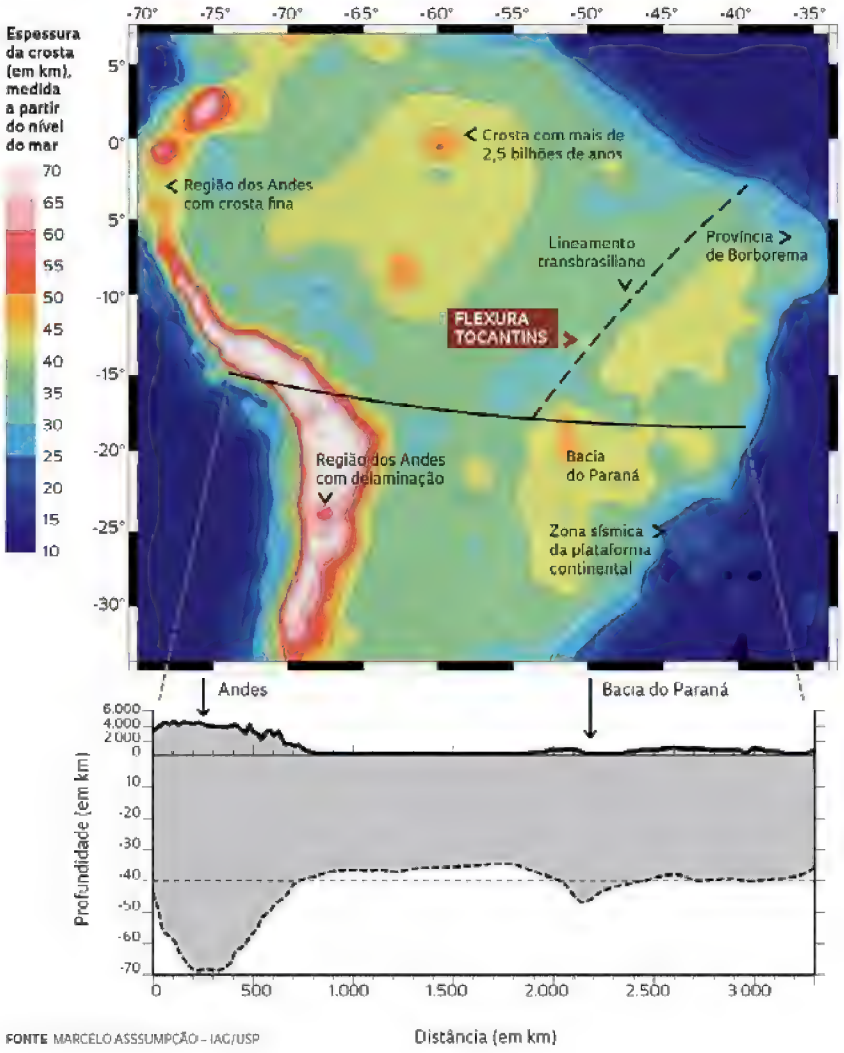
"A litosfera tende a afundar onde ela é mais densa e a subir onde a densidade é menor", explica Assumpção. "Essas tendências causam tensões que produzem falhas e, eventualmente, provocam sismos", completa o sismólogo do IAG, coordenador da Rede Sismográfica do Brasil, que monitora os terremotos no país.

Durante uma conversa em sua sala no início de abril, Sacek, coautor do estudo, pegou um livro de capa flexível para ilustrar o que ocorre no trecho da zona sísmica Goiás-Tocantins onde se encontra Mara Rosa. "Supondo que esse livro represente a litosfera da região, um acréscimo de carga no interior da litosfera, por haver uma proporção maior de rochas do manto [mais densas], vai fazê-la sofrer uma flexura", explicou, colocando o livro na posição horizontal e pressionando suas laterais, o que o fez se dobrar como se um bloco de pedra estivesse colado à capa inferior. Como resultado, a parte superior é submetida a forças de compressão e a inferior a forças de distensão. "Embora seja rígida, a litosfera tem alguma flexibilidade e resiste até certo ponto à deformação", diz Sacek. "Mas a partir de determinado limite ela pode vergar e se romper."

Anos atrás, analisando o mapa da distribuição de sismos no Brasil, Assumpção percebeu que a maioria deles ocorria no trecho de Goiás e Tocantins no qual em 2004 o geofísico Jesús Berrocal, ex-professor da USP, havia identificado uma anomalia gravimétrica. Lá o campo gravitacional é anormalmente elevado para uma região de planalto com altitude média entre 300 e 400 metros. Naquelas terras planas e relativamente baixas – por exemplo, não existem cadeias de montanhas ali – não há excesso de massa sobre a superfície que justifique a flexura da litosfera. Logo, concluiu Assumpção, essa massa só poderia estar embaixo da terra. Provavelmente em regiões profundas como as camadas mais superficiais do manto, uma vez que a crosta só tem 35 quilômetros de espessura.

Sob a terra

Levantamento mostra a diferença de espessura da crosta terrestre no Brasil e na cordilheira dos Andes



FONTE MARCELO ASSSUMPÇÃO – IAG/USP

Mas era preciso verificar se essa ideia fazia sentido e se o espessamento do manto podia, de fato, fazer a litosfera se curvar. Assumpção pediu então a Sacek, especialista em simulações computacionais, que criasse um modelo matemático para representar as camadas geológicas daquela área de Goiás e Tocantins que levasse em conta todas as forças que atuam sobre elas. Sacek desenvolveu um programa incluindo tanto o efeito de forças locais, originadas a poucas dezenas de quilômetros da região dos sismos por diferenças de relevo (vales, rios e morros) e por variações na espessura da crosta, como o de forças regionais, de escala planetária, que ocorrem a milhares de quilômetros de distância, nas bordas dos blocos em que está dividida a litosfera. Ao unir esses elementos, Sacek identificou uma zona de fragilidade da crosta que coincide com a área de mais sismos em Goiás e Tocantins. Nesse grande bloco, com 200 quilômetros de largura e 5 de profundidade, as forças são intensas a ponto de superar o limite de elasticidade das rochas e fragmentá-las. "Esse modelo explica até a profundidade dos sismos, que em geral ocorrem a menos de cinco quilômetros da superfície", afirma Sacek.

Ele e Assumpção acreditam que esse mecanismo – a flexura em região de crosta mais fina – pode também ser a causa da elevada frequência de tremores em outras regiões do país, como a bacia do pantanal e a zona sísmica de Porto de Gaúchos, em Mato Grosso, onde em 1955 ocorreu o maior abalo sísmico já registrado no Brasil, com magnitude de 6,2 graus na escala criada por Charles Richter. Os terremotos com magnitude superior a 5 são raros no país – ocorre, em média, um a cada cinco anos. Mas, mesmo fracos, costumam assustar a população, pouco habituada a conviver com os sismos e pouco preparada para lidar com eles. Além de falta de informação sobre como enfrentar os tremores, as residências mais pobres não resistem a abalos pequenos, que causariam poucos danos em uma metrópole. Em 9 de dezembro de 2007, um tremor de magnitude 4,9 danificou várias casas no povoado de Caraíbas, nos arredores de Itacarambi, norte de Minas Gerais, onde a queda de uma parede matou uma criança. "Essa é a única morte direta causada por um terremoto de que se tem notícia no país", conta o geólogo Cristiano Chimpliganond, da UnB.

A flexura da crosta também explica os terremotos em outra zona sísmica do Brasil: a mar-

gem da plataforma continental entre os estados do Rio Grande do Sul e o Espírito Santo. A uma distância que varia de 100 a 200 quilômetros da costa, o fundo do mar sofre um declive abrupto. Nesse degrau, a profundidade do oceano passa de 50 metros para 2 mil metros. Os sedimentos que os rios transportam para o mar se acumulam na extremidade desse degrau, exercendo um peso extra sobre a crosta. Assumpção acredita que essa sobrecarga provoque os sismos detectados nessa região, por mecanismos semelhantes ao que estaria ocorrendo em Goiás e Tocantins. A diferença nesse caso é que o excesso de massa não se encontra sob a crosta, mas sobre ela.

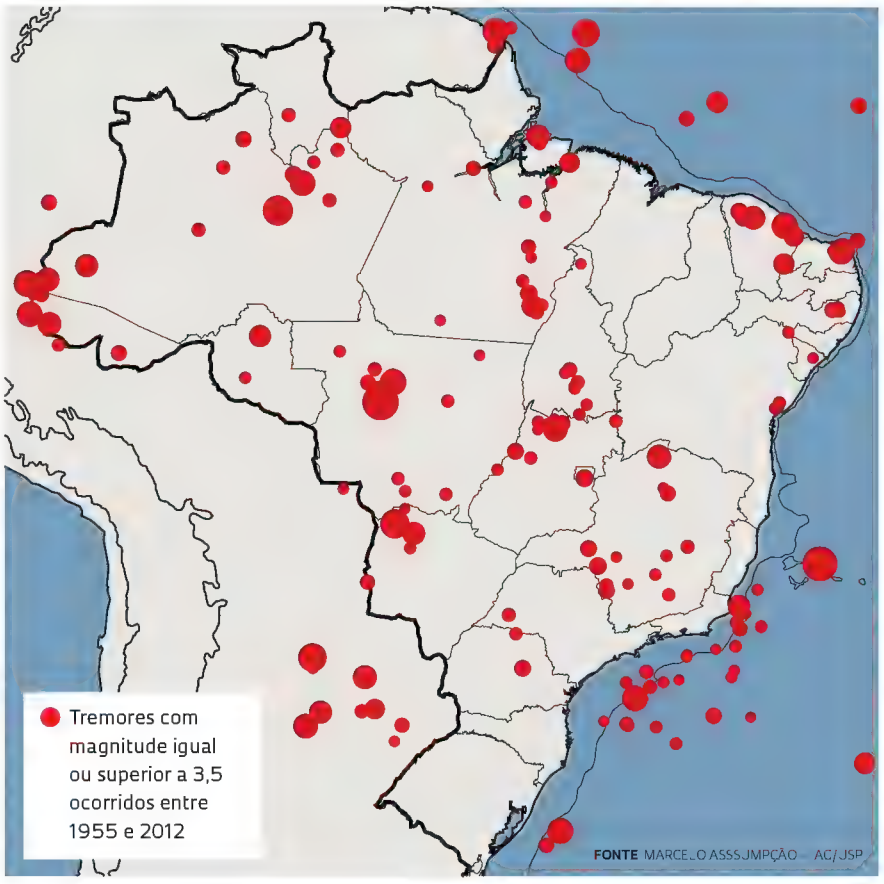
Em um trabalho de 2011, Assumpção e colaboradores da Universidade Estadual Paulista (Unesp), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e da Petrobras analisaram um terremoto que ocorreu em abril de 2008 a 125 quilômetros ao sul da cidade de São Vicente, no litoral paulista – e que foi sentido até na cidade de São Paulo. O ponto de origem do tremor foi justamente a extremidade do degrau da plataforma continental e as características de suas ondas sísmicas parecem confirmar a ideia de que foi desencadeado pela sobrecarga de sedimentos.

A elaboração desses modelos sobre a causa dos tremores brasileiros só foi possível graças à descoberta de variações na espessura da crosta terrestre no país. Assumpção e colaboradores da UnB, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e do Observatório Nacional (ON) reuniram informações sobre a espessura da crosta em quase mil pontos na América do Sul, tanto no continente como no oceano – desse total, cerca de 200 medições foram feitas nos últimos 20 anos com financiamento da FAPESP e do governo federal. No mapa que sintetiza esses dados, publicado no *Journal of South American Earth Sciences*, os pesquisadores chamam a atenção para as regiões onde a crosta é mais espessa ou mais delgada. "A espessura da crosta é um dos parâmetros mais importantes para compreender a tectônica [as forças e os movimentos das camadas geológicas] de uma região", afirma o sismólogo Jordi Julià, da UFRN.

Essa é a compilação mais completa e detalhada já feita sobre a crosta brasileira. A espessura em todos esses pontos foi obtida a partir da combinação de dados obtidos por três métodos que usam as ondas sísmicas para deduzir a estrutura das camadas geológicas por onde elas passam. O mais preciso deles – e também o mais caro – é a refração sísmica, no qual os pesquisadores registram ao longo de centenas de quilômetros os tremores causados por explosões controladas (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 184*). Os dois outros métodos se baseiam no monitoramento ao longo de anos dos terremotos que acontecem ao redor do globo.

Onde ocorrem os sismos

Terremotos se concentram em regiões de crosta fina, como o Nordeste, o Centro-Oeste e a plataforma oceânica



De modo geral, a crosta no Brasil tem espessura semelhante à dos outros continentes – em média de 40 quilômetros, medidos a partir do nível do mar. Há algumas regiões no país, porém, em que a crosta chega a ser mais fina do que 35 quilômetros. A existência de uma delas – uma faixa de quase mil quilômetros que vai do pantanal, em Mato Grosso do Sul, a Goiás e Tocantins – ainda não está bem delineada, porque há poucas informações sísmicas disponíveis sobre a região. Já no Nordeste, onde foi feita a maioria dos experimentos de refração sísmica pela equipe de Reinhardt Fuck, da UnB, a incerteza é menor.

Ali se localiza a área mais vasta do território nacional com crosta menos espessa: a província de Borborema, bloco rochoso sobre o qual se assentam quase todos os estados do Nordeste, a região com maior frequência de tremores no país. Em alguns pontos dessa região, a crosta tem menos de 30 quilômetros. Esse afinamento parece ter ocorrido entre 136 milhões e 65 milhões de anos atrás, período em que a América do Sul se separou da África.

Um dos recordes de espessura está sob a floresta amazônica, na fronteira entre os estados de Roraima, Amazonas e Pará. Com até 45 quilômetros de espessura, esse é um dos pedaços da crosta mais antigos do Brasil, com mais de 2,5 bilhões de anos. "Essas regiões mais antigas tendem a ter crosta mais espessa", diz Assumpção.

Mas o trecho de crosta mais espessa do país se encontra em uma região relativamente jovem, a bacia do Paraná, que começou a se formar há 460 milhões de anos. No interior de São Paulo, próximo ao rio Paraná, a crosta alcança 46 quilômetros de espessura. Assumpção propõe duas possíveis razões para esse espessamento. A primeira, sugerida por diversos estudos, é que sob a bacia do Paraná haveria um bloco de crosta mais antiga, com bilhões de anos de idade, batizado de cráton do Paranapanema. A segunda tem a ver com a intensa atividade vulcânica ali há 130 milhões de anos. Por algum motivo que não se conhece, o manto abaixo da bacia do Paraná se tornou anormalmente quente, fenômeno que os geólogos chamam de pluma térmica. Essa pluma teria fundido parcialmente as camadas profundas da Terra, gerando magmas de composição basáltica que se derramaram sobre a superfície e originaram uma das maiores províncias vulcânicas do planeta. Essas rochas geraram as faixas de terra roxa, um solo bastante fértil. Parte do material originado no processo permaneceu lá embaixo e, quando o manto esfriou, se soldou à porção inferior da crosta, aumentando sua espessura.

Com pesquisadores do Chile e da China, Assumpção expandiu o mapeamento da crosta para a cordilheira dos Andes. Sob essa cadeia de montanhas, a espessura da crosta varia de 35 quilômetros, na fronteira do Peru com o Equador, a 75 quilômetros, no altiplano boliviano. Essa espessura máxima é semelhante à observada em outras regiões montanhosas relativamente jovens, como o Himalaia. Em geral, há uma correlação direta entre a altitude de um terreno e a espessura da crosta. "Quanto mais alta a topografia, mais espessa é a crosta", explica Assumpção. "Para altitudes superiores a 3 mil metros, o normal é a crosta chegar a 70 quilômetros."

Mas há exceções. No norte da Argentina, onde os Andes se erguem a mais de 4 mil metros de altura, a crosta tem menos de 55 quilômetros de espessura. Novamente, os pesquisadores imaginam duas explicações. Ou a crosta já era anormalmente fina desde antes da formação dos Andes ou, há 4 milhões de anos, ela se tornou tão espessa e quente que perdeu parte de suas camadas mais profundas, fenômeno chamado delaminação.

Já na fronteira do Peru com o Equador, onde a altitude supera os 3 mil metros, sua espessura é de apenas 35 quilômetros. Nesse caso, a crosta parece ser sustentada pelo movimento das correntes das camadas mais profundas do manto, que, embora sejam rochas, se comportam como um líquido extremamente viscoso no tempo geológico – ele flui alguns centímetros por ano. A força dessas correntezas ascendendo é capaz de suspender a crosta, acrescentando de um a dois quilômetros na altura das montanhas. O inverso também pode acontecer. O fluxo descendente pode puxar para baixo a crosta em algumas regiões, como Sacek e Naomi Ussami, geofísica da USP, observaram na bacia de Marañon, entre o Equador, o Peru e a Colômbia.

Apesar das duas décadas de trabalho, as pesquisas nessa área ainda estão atrasadas na América do Sul. Os Estados Unidos e a Europa já dispunham de ma-

pas detalhados da espessura da crosta no final dos anos 1990. "O avanço do mapeamento da crosta no mundo varia segundo a renda *per capita* dos países", diz Assumpção. "Só estamos melhores do que a África."

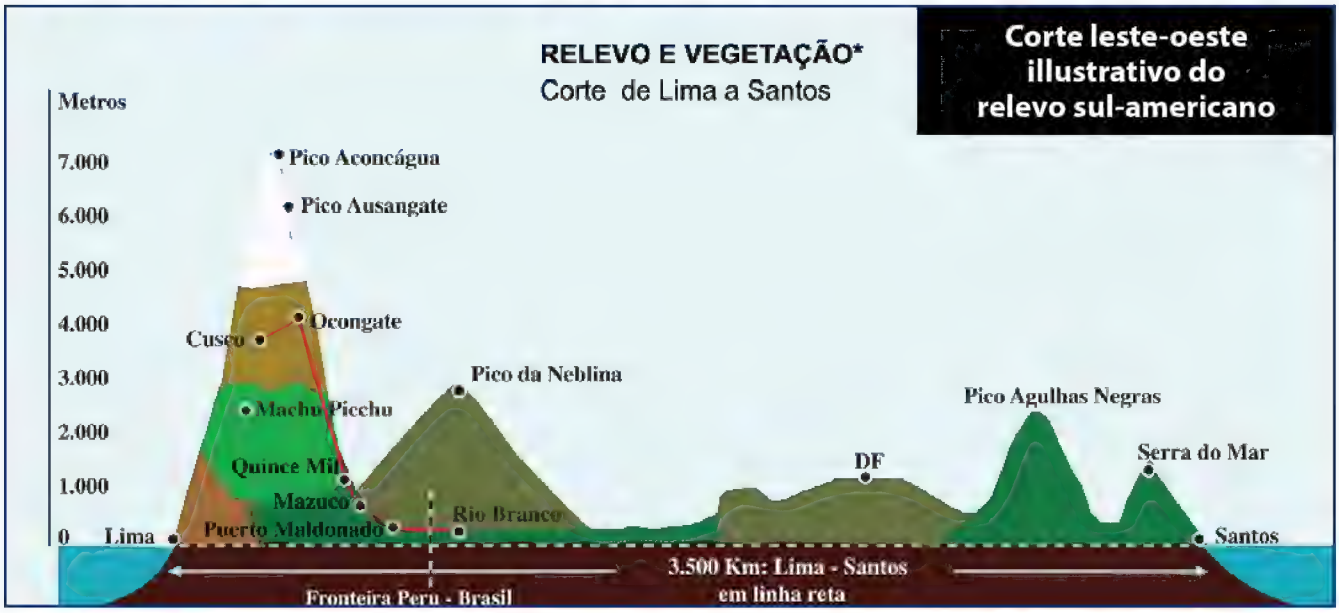
No Brasil, as principais instituições de pesquisa da área se uniram há dois anos e criaram a Rede Sismográfica do Brasil, que dispõe de 50 estações sismológicas e pretende chegar a 80. Assim, os pesquisadores esperam monitorar melhor o país e aumentar a resolução do mapa. Quanto mais terremotos se observarem, mais detalhes da espessura da crosta poderão ser identificados. E, com mais detalhes, é possível criar modelos que permitam predizer com mais precisão as áreas sob risco de tremores de maior magnitude. "A Sismologia não consegue prever terremotos e, mesmo que conseguisse, não poderia evitá-los", diz Barros. "Por isso, temos de aprender a conviver com eles e nos proteger deles."

Referências

ASSUMPÇÃO, M. e SACEK, V. Intraplate seismicity and flexural stresses in central Brazil. *Geophysical Research Letters*. v. 40 (3), p. 487-91. 16 fev. 2013.

ASSUMPÇÃO, M. *et al.* Crustal thickness map of Brazil: Data compilation and main features. *Journal of South American Earth Sciences*. v. 43, p. 74-85. abr. 2013.

ASSUMPÇÃO, M. *et al.* Models of crustal thickness for South America from seismic refraction, receiver functions and surface wave dispersion. *Tectonophysics*. 2013 (on-line).



Notícias

E mais

- TENSÃO SOB A TERRA - CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE FALHAS GEOLÓGICAS NA CROSTA ELUCIDA TREMORES SÍSMICOS NO BRASIL
- NOVAS ANÁLISES ALTERAM ÁRVORE GENEALÓGICA DOS CUPINS
- VERMES NADA INSIGNIFICANTES
- EXOPLANETAS DUROS E SEM VIDA
- CONCHAS MOSTRAM COMO OCEANO REAGIU AO AQUECIMENTO DO PLANETA
- EXTRATERRESTRES PODEM SER MAIS PARECIDOS COM OS HUMANOS DO QUE PENSAMOS
- A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO: COMECE OLHANDO PARA SUA XÍCARA DE CAFÉ
- DESERTOS E SEUS PADRÕES MATEMÁTICOS
- IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS
- CONGRESSO REÚNE OPOSITORES DA TEORIA DA EVOLUÇÃO
- NÚCLEOS DA SOCIEDADE CRIACIONISTA BRASILEIRA

TENSÃO SOB A TERRA

CARACTERIZAÇÃO DOS MOVIMENTOS DE FALHAS GEOLÓGICAS NA CROSTA ELUCIDA TREMORES SÍSMICOS NO BRASIL

A Revista "PESQUISA FAPESP" de junho de 2017, edição 256, apresentou interessante notícia de autoria de Everton Lopes Batista, que em parte complementa o artigo publicado neste número da Revista Criacionista sobre "Por que a Terra Treme no Brasil". Achamos que seria interessante transcrevê-la para nossos leitores interessados nesse assunto. A notícia versa sobre o trabalho desenvolvido pelo bolsista da FAPESP Fábio Luiz Dias na USP, orientado pelo Dr. Marcelo Sousa de Assumpção.

Na manhã do dia 2 de maio deste ano um ponto vermelho começou a piscar em um dos monitores de parede do Centro

Moradores de João Câmara, no Rio Grande do Norte, no início de dezembro de 1986, após um tremor de magnitude 5,3

de Sismologia da Universidade de São Paulo, formado pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) e pelo Instituto de Energia e Ambiente (IEE). Era um terremoto de magnitude 4,0, que ocorria a cerca de 3 mil quilômetros dali, na fronteira entre o Peru e a Bolívia, detectado pela "Rede Sismográfica Brasileira" (RSBR), da qual o Centro faz parte.

Desde 2010, registrando continuamente episódios como esse, as 80 estações sismológicas da RSBR permitem o detalhamento e o estudo das prováveis causas dos tremores de terra no Brasil. Dotadas de um sismógrafo e de um transmissor de dados, as estações são gerenciadas por universidades, institutos de pesquisa e empresas.

Com base nos dados da RSBR, em estudos anteriores e em análises das ondas geradas pelos tremores de terra, pesquisadores da USP, da Universidade Estadual do Oeste do Pará e Universidade da Califórnia em Davis, nos Estados Unidos, identificaram os tipos e a direção das tensões que causam a movimentação das falhas geológicas – as rupturas dos grandes blocos de rocha superficiais – na América do Sul. A quebra dos blocos de rocha da crosta, a camada mais superficial do planeta, libera uma energia que se expressa na forma de terremotos.

Os pesquisadores estudaram os movimentos horizontais ou verticais das falhas geológicas, os chamados mecanismos focais, associados a quase 400 terremotos da América do Sul, a maioria ao longo da Cordilheira dos Andes e 76 no Brasil. No artigo publicado em novembro de 2016 na revista *Journal of South American Earth Sciences*, eles argumentaram que a identificação do padrão de tensão da crosta poderia fornecer novas informações sobre os movimentos das placas litosféricas, formadas pelas camadas mais externas da Terra, complementando os modelos matemáticos adotados para descrever esses fenômenos.

A caracterização da direção e do tipo dos movimentos das falhas geológicas ajudou a compreender as tensões que geraram os três tremores registrados nas últimas décadas no estado do Amazonas e o maior de todos já ocorrido no Brasil. Em 1690, um terremoto com magnitude estimada em 7,0 revirou a terra, derrubou árvores e ergueu no rio Amazonas ondas que alagaram povoados, a 45 km de onde hoje é Manaus, de acordo com o relato de jesuítas da época (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 224*).

"Os mecanismos focais revelam a direção dos esforços que causaram o movimento das falhas geológicas, mas não as causas das falhas", explica o geofísico Fabio Luiz Dias, pesquisador da USP, atualmente no Observatório Nacional, no Rio de Janeiro, e um dos autores desse estudo. "Antes do nosso trabalho, a determinação do mecanismo focal desses tremores não era possível em virtude da limitação das técnicas existentes." O aprimoramento dessa metodologia permitiu a identificação do mecanismo focal de 12 tremores mais próximos das estações sismográficas, com magnitude de 3,0 a 5,3, ocorridos no Brasil desde 1992, cujas causas permaneciam incertas. Agora, com base nessa abordagem, o tremor de magnitude 4,0 ocorrido em Montes Claros, norte de Minas Gerais, em 2012, está associado à movimentação de uma falha geológica a apenas 1 km de profundidade, sob um dos bairros do município mineiro.

A ruptura das rochas sob a superfície é o resultado da compressão ou do estiramento da crosta. Os dois efeitos expressam a pressão aplicada principalmente pela expansão da Cordilheira Meso-oceânica, que ocupa a região central do Oceano Atlântico, e pelo mergulho da placa tectônica de Nazca sob a placa Sul-americana, sobre a qual está o Brasil. "Constatamos que a maioria dos terremotos da região Sudeste e do Pantanal são gerados por tensões que concordam com essa compressão leste-oeste", afirma Dias.

A compressão horizontal das rochas da crosta explica também o tremor de magnitude 3,6 ocorrido na madrugada de 6 de janeiro de 2006 no município de Telêmaco Borba, no Paraná. "Caracterizar a movimentação da falha geológica associada a esse tremor foi um dos dados mais surpreendentes desse trabalho, porque são escassos os registros de tremores para a região Sul", afirma Dias. Em busca de mais informações, uma equipe coordenada pelo geofísico Marcelo Assumpção, coordenador do Centro de Sismologia e professor do IAG-USP, está implantando cerca de 40 estações sismológicas no Sul do país, em

colaboração com instituições da Argentina, do Uruguai, do Paraguai e da Bolívia.

De acordo com o estudo publicado na *South American Earth Sciences*, toda a região equatorial do Brasil – do Rio Grande do Norte até a foz do rio Amazonas – está sujeita a um mesmo tipo de tensão geológica: "A superposição de uma compressão paralela à costa, na direção leste-oeste com uma extensão devido ao contraste da densidade das crostas continental e oceânica", descreve Dias. Esse tipo de tensão foi a causa de um tremor de magnitude 4,3 em Vargem Grande, no Maranhão, o evento de maior magnitude dos últimos quatro anos no Brasil, ocorrido em janeiro de 2017. "A estação sismológica mais próxima está a 40 quilômetros do epicentro desse tremor, o que ajudou a determinar seu mecanismo focal com boa precisão", afirma Assumpção.

Nas regiões Norte e Centro-Oeste, também predominam as compressões da crosta, mas na direção noroeste-sudeste. As causas dessa orientação diferente são incertas, mas, para os especialistas, poderiam estar relacionadas com movimentos de convecção do manto na região da Amazônia. Inversamente, nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte a crosta está sendo esticada, por causa da proximidade da costa e da ação da gravidade, de acordo com Assumpção. Segundo ele, há uma tendência de a crosta continental se esparramar em direção ao oceano, "causando uma tensão de tração". No Nordeste, além da crosta ser menos espessa, a litosfera, a camada formada pela crosta e pela camada superior do manto, também é mais fina do que no interior do país, o que facilita a ocorrência de terremotos. "Onde a litosfera é mais fina, a pressão que vem do encontro das placas litosféricas vizinhas se distribui por uma área menor, concentrando as tensões e facilitando a ocorrência de rupturas nas falhas geológicas."

Como no Nordeste, onde os sismos são mais frequentes, no Centro-Oeste há áreas em que a crosta terrestre é mais fina. A diferença é que, na região central, o manto, a camada mais densa abaixo da crosta, é mais raso do que em outras regiões. Como resultado, a litosfera, formada pela crosta e pela camada mais externa do manto, curva-se e trinca, gerando os tremores de terra (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 207*).

Risco de terremotos

As informações da RSBR indicaram as regiões com maior risco de serem atingidas por tremores de terra: os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, o sul de Minas Gerais e o Pantanal mato-grossense, de acordo com o mapa de risco sísmico apresentado em dezembro de 2016 no Boletim da Sociedade Brasileira de Geofísica. No artigo que contém o mapa, os pesquisadores informam que, no Brasil, apenas instalações críticas fazem análises sismológicas sistematicamente, como usinas nucleares e barragens hidrelétricas. "Aqui quase ninguém planeja a construção de casas e edifícios em função dos possíveis sismos, que podem ocorrer em qualquer lugar", afirma o geofísico Lucas Vieira Barros, professor da Universidade de Brasília (UnB). O poder de destruição de um terremoto não depende apenas da magnitude do tremor. A qualidade das construções e a capacidade de resposta da população podem aumentar ou diminuir o impacto.

No Brasil, com base em registros históricos, ocorrem em média dois tremores de mag-

Tremor de magnitude 4,0 destruiu a sacada desta casa em Montes Claros (MG) em dezembro de 2012

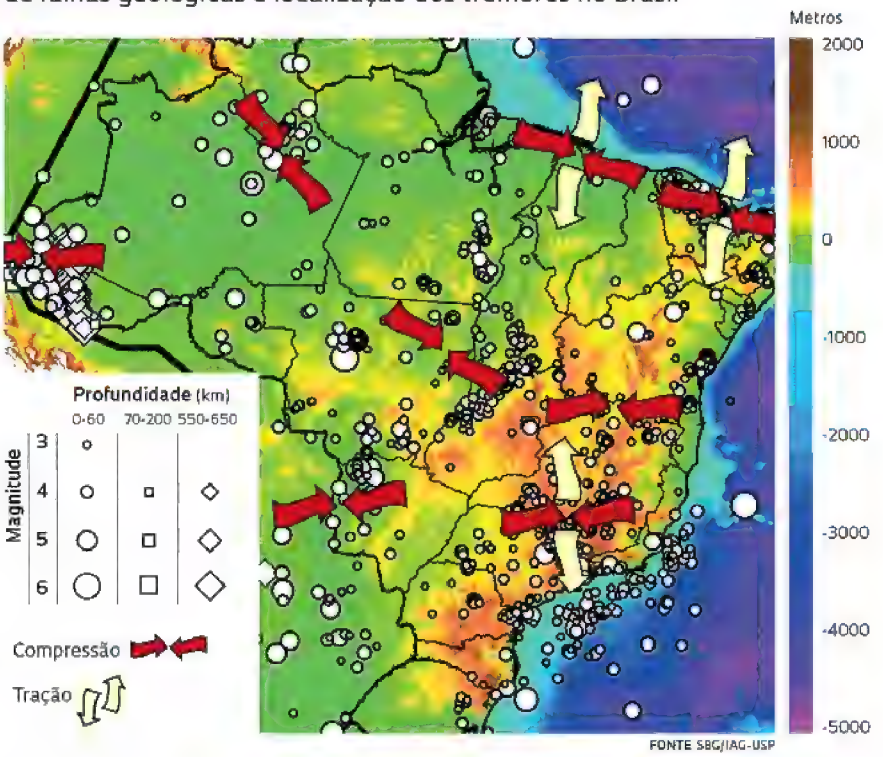
nitude 6,0 ou maior por século, enquanto nos Andes os eventos com essa intensidade são mensais. "Um terremoto resulta da liberação abrupta de energia, acumulada ao longo de muitos anos, mas logo após um sismo a energia começa a se acumular outra vez", diz Barros. Por essa razão, um tremor de mesma magnitude poderia ocorrer no mesmo lugar, muitos anos depois.

Essa perspectiva pode ser inquietante para regiões como o município de Porto dos Gaúchos, norte de Mato Grosso. Ali ocorreu o maior terremoto já registrado no Brasil, de magnitude 6,2, em 1955, dois anos antes da chegada dos primeiros colonizadores à região. Hoje vivem cerca de 300 mil pessoas num raio de 100 quilômetros em torno do epicentro desse abalo. Por meio de sismógrafos, Barros e sua equipe identificaram uma falha geológica com 5 km de comprimento, evidenciando o risco de outro tremor avassalador. Em abril de 2009, um terremoto de magnitude semelhante (6,3) arrasou a cidade italiana de L'Aquila e causou a morte de quase 300 pessoas.

A ideia de que os terremotos no Brasil são inofensivos está começando a mudar em razão de episódios trágicos. Em 2007 um abalo de terra de magnitude 4,9 na comunidade rural de Caraíbas, no município de Itacarambi, norte de Minas Gerais, fez a primeira vítima fatal decorrente de terremoto no país, uma criança de 5 anos de idade, e pôs abaixo quase todas as casas do bairro.

Possível origem dos terremotos

Mapa dos movimentos de compressão ou estiramento (tração) de falhas geológicas e localização dos tremores no Brasil



FONTE SBG/IAG-USP

Resposta rápida

No Centro de Sismologia, três monitores recebem dados via satélite ou de internet das 80 estações sismológicas. Outros três acompanham a movimentação do site do IAG e da página do Centro no Facebook, pelos quais chegam relatos de terremotos no Brasil. Desde 2015, o site já recebeu mais de 700 relatos, a maior parte de moradores das regiões Sudeste e Nordeste.

Foi assim que a equipe do IAG soube dos tremores em Jurupema, distrito de 2 mil habitantes no município de Taquaritinga, interior paulista, no início deste ano. "O que mais assusta é o estouro que vem debaixo da terra e o barulho que parece vir da tubulação do esgoto", relatou o empresário Paulo César Andreguetto, de 46 anos, que trabalha em Jurupema. Em resposta, os pesquisadores instalaram o primeiro sensor em Jurupema em abril e outros três nos meses seguintes, já que os tremores se tornaram frequentes – no final de maio, já haviam passado de 100. Os tremores são de intensidade baixa, não atingem magnitude 2,0, mas, por surgirem próximos ao solo, assustam os moradores, fazem tremer as janelas e os quadros caírem das paredes.

"Os tremores em Jurupema ocorrem com maior frequência quando chove mais", observa José Roberto Barbosa, técnico do Centro de Sismologia responsável pela instalação dos sensores em Taquaritinga. Segundo ele, a hipótese provisória é de que os poços para extração de água perfurados há pouco tempo contribuam para os abalos, como já

aconteceu em Bebedouro, também no interior paulista (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 170*). As perfurações poderiam intensificar as fraturas das rochas basálticas sob a superfície. Por causa desses poços, supõe-se que, quando chove, a água penetre mais facilmente e em maior quantidade pelas fraturas das rochas, atuando como um lubrificante e ajudando a liberar as tensões acumuladas nessas fraturas. "Os poços anteciparam um tremor que deveria acontecer somente daqui a uns 100 anos", supõe Barbosa.

Referência

ASSUMPÇÃO, M. *et al.* Intraplate stress field in South America from earthquake focal mechanisms. *Journal of South American Earth Sciences*. v. 71. p. 278-95. 2016.

NOVAS ANÁLISES ALTERAM ÁRVORE GENEALÓGICA DOS CUPINS

O "Jornal da USP" de 9 de agosto de 2017 apresentou interessante notícia de autoria de Maria Fernanda Ziegler sobre a alteração na árvore genealógica dos cupins proposta a partir de um estudo mais aprofundado sobre a morfologia de soldados e operários de um dos grupos de cupins mais abundantes no Brasil, efetuado no Museu de Zoologia da USP, que transcrevemos a seguir.

Estudar cupins é estudar diversidade. Ao contrário do que sugere o senso comum, eles fazem parte de uma ordem de insetos muito diversificada. São cerca de 3 mil espécies no mundo, sendo mais de 300 só no Brasil. Para espanto dos leigos no assunto, apenas uma minoria, cerca de 10%, é considerada praga e a maioria não se alimenta de madeira.

Recentemente, uma equipe de pesquisadores do Museu de Zoologia (MZ) da USP, que tem estudado cupins há vários anos, causou uma reviravolta na classificação taxonômica de algumas espécies de cupim e acabou também por reconstruir parte da história evolutiva desses insetos.

Os resultados foram publicados na *PLUS ONE*. O trabalho teve apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por meio de um auxílio à pesquisa conduzido por Eliana Marques Cancello, do MZ, e de uma bolsa de pós-doutorado para Maurício Martins da Rocha, orientado por Cancello.

A alteração na árvore genealógica dos cupins foi resultado de um estudo mais a fundo na morfologia de soldados e operários. Os pesquisadores constataram que, embora útil para a classificação taxonômica, a morfologia da casta dos soldados – que sempre foi considerada muito importante para a diagnose – revelou vários casos de convergência, quando os animais que não têm muito parentesco acabam adquirindo forma parecida. Por outro lado, o hábito de alimentação de cada espécie mostrava indicações de significância evolutiva.

Na imagem, dois tipos de soldados, *Uncitermes teevani* (esquerda) e *Labiotermes labralis* (direita), espécies aparentadas entre si

De acordo com Rocha, os taxonomistas no passado se apegavam muito a semelhanças na morfologia externa para a classificação taxonômica e, por isso, foram verificadas tantas convergências. Antes do estudo, era esperado que a morfologia dos cupins da casta dos soldados refletisse o parentesco entre os inúmeros gêneros de cupins. Desta forma, um soldado com mandíbula perfurante deveria ser mais aparentado com espécies que tivessem a mesma característica em comparação com outras de mandíbulas cortantes. Mas não foi o que os pesquisadores verificaram.

Os cupins estão divididos atualmente em nove famílias, sendo *Termitidae* a maior e mais diversa de todas, com quase 2 mil espécies descritas. A família *Termitidae* tem, por sua vez, oito subfamílias, das quais a *Syntermitinae* – com 18 gêneros e 101 espécies de cupins descritas até o momento – inclui algumas das espécies mais abundantes nos ambientes naturais do Brasil, como é o caso dos *Cornitermes cumulans*, que têm grande importância ecológica, sendo consideradas espécies-chave do Cerrado.

Os cupins estudados da subfamília *Syntermitinae*, por exemplo, não comem madeira de árvores vivas. "São as espécies que fazem aqueles ninhos grandes e alteram as paisagens. Os ninhos, que abrigam uma grande biomassa, também refletem a importância dos cupins no solo, que ao ser remexido sofre mudanças químicas e físicas. Eles servem também de abrigo

Além da anatomia externa e interna, foram analisadas sequências de DNA

para outras espécies de cupim, para outros artrópodes, cobras e até aves, que usam o ninho para demarcar território", disse Cancello, curadora da coleção de *Isoptera* do museu.

Ao cruzar dados sobre 92 características em 42 espécies de *Syntermitinae* e seis espécies de *Termitinae* (outra subfamília de cupins), a pesquisa levou a uma mudança na compreensão desses insetos da ordem *Isoptera* e à reclassificação de espécies. Além da análise de características da anatomia externa (como mandíbulas) e da anatomia interna, especialmente do tubo digestivo das castas de soldado e operário, também foram analisadas 117 sequências de DNA. Para tanto, foi preciso ir a campo e obter material de espécies pouco representadas nos 28 mil lotes armazenados no Museu de Zoologia, a maior coleção de cupins na América do Sul.

Para conseguir trabalhar com um tamanho tão grande de informações, os dados morfológicos e moleculares foram combinados por métodos estatísticos. Os aspectos importantes da biologia dos cupins, defesa e hábitos alimentares foram discutidos com base na árvore filogenética.

"Durante meu doutorado realizei a revisão do gênero *Armitermes*, e quase 'extinguimos' o gênero na América do Sul. Estudando mais a fundo a anatomia de todas as espécies que eram classificadas como *Armitermes*, verifiquei que a maioria apresentava diferenças marcantes na anatomia interna, embora seus soldados fossem externamente semelhantes. Por isso, foi preciso realocar a maioria em novos gêneros", disse Rocha à Agência Fapesp.

Atualmente no pós-doutorado, Rocha ampliou a análise para outros gêneros da subfamília *Syntermitinae*, fazendo uma análise filogenética para reconstruir a história evolutiva desses insetos.

Vida secreta dos cupins

O estudo indicou que, na história evolutiva de *Syntermitinae*, houve uma divisão muito precoce entre linhagens que se alimentam de material não humificado (ou pouco degradado), como gramíneas mortas e madeira, e aquelas que se alimentam de recursos vegetais muito humi-

ficados, como madeira bastante apodrecida, húmus e material da parede de ninhos de outros cupins, que em grande parte são construídos de material estercoral (uma mistura de fezes e saliva dos cupins com a terra).

De acordo com os pesquisadores, a mudança na dieta não deve ter-se refletido apenas na forma da mandíbula dos operários, mas também na conformação do aparelho digestivo e na complexa fauna de simbiontes associados. "Existem classificações dentro desses tipos de comportamento e é importante tentar entendê-las em termos de evolução. Será que esses insetos tinham originalmente uma única dieta específica e depois foram diversificando?", disse Cancello.

Os pesquisadores estimam que os *Syntermitinae* pertencem a uma linhagem mais recente da história evolutiva. "Tudo indica que o grupo se diversificou quando a América do Sul já estava separada dos outros continentes, no Oligoceno [entre 36 milhões e 23 milhões de anos atrás (*sic*)], mas não há fóssil para estudar. O Crato [sítio paleontológico no Ceará], por exemplo, é do Cretáceo [entre 145 milhões e 66 milhões de anos atrás (*sic*)], quando esses cupins ainda não existiam", disse Cancello.

Segredo guardado no estômago

No processo de análise, os pesquisadores encontraram várias estruturas que não haviam sido descritas. "O tubo digestivo dos cupins é bastante compartimentalizado. Um dos compartimentos é a pança, onde ficam os simbiontes que ajudam na digestão, mas existem outros compartimentos que até hoje não se compreende muito bem que papel têm na digestão. Em um destes encontramos na parede uma ornamentação muito diversificada, que nunca tinha sido descrita antes ", disse Rocha.

A ornamentação não era igual para todas as espécies. "Ela deve estar relacionada com a digestão, mas, independentemente de entendermos a função, podemos comparar morfologicamente e refinar quem é mais parente de quem. A partir desses detalhes finos da anatomia, podemos recuperar a filogenia, fugindo daquilo que consideram intuitivo", disse o pesquisador.

O artigo *Phylogenetic reconstruction of Syntermitinae (Isoptera, Termitidae) based on morphological and molecular data*, de Maurício M. Rocha, Adriana C. Morales-Corrêa e Castro, Carolina Cuezzo e Eliana M. Cancello, pode ser lido na íntegra em https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174366.

Não deixa de ser interessante a variabilidade e a complexidade de um "simples cupim"!

Particularmente, fica explícita também a dificuldade em traçar uma "árvore filogenética" desse inseto, o que pode nos levar a desconfiar que a razão fundamental dessa dificuldade deve-se, na realidade, à sua inexistência!

VERMES NADA INSIGNIFICANTES

A revista "Pesquisa FAPESP" de outubro de 2017, edição 260, publicou o artigo de autoria de Maria Guimarães sobre os Nematoides, com o título acima, que transcrevemos a seguir. O artigo destaca aspectos interessantes referentes a túneis fossilizados que sugerem que organismos complexos surgiram antes mesmo da explosão de diversidade do período Cambriano!

Marcas muito discretas, como fiapos embutidos em rochas retiradas de pedreiras na região de Corumbá, em Mato Grosso do Sul, por anos passaram despercebidas. "Nem enxergávamos", lembra a paleontóloga Juliana Leme, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

Ela começou a trabalhar com esse material em 2010, estudando os fósseis dos primeiros seres vivos com esqueleto do planeta (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 199*). Nos últimos anos, porém, ficou claro que ali há um tesouro ainda mais valioso: os tais fiapos são pistas deixadas por seres mais complexos do que se esperava entre 541 milhões e 555 milhões de anos atrás, quando se imagi-

nava existir apenas organismos bem mais simples.

Os fiapos são, de acordo com artigo publicado em setembro na revista *Nature Ecology & Evolution*, túneis deixados por vermes muito pequenos conhecidos como nematoides. Naquele momento de evolução da vida, caracterizado por organismos moles habitando a superfície, foi uma surpresa encontrar indícios de vermes que se locomoviam por contração muscular e escavavam o sedimento, mesmo que chegassem apenas a alguns milímetros de profundidade. É o registro mais antigo de fósseis de animais conhecidos como meiofauna, seres de no máximo 1 mm que habitam o sedimento no fundo do mar ou em corpos de água doce.

A região de Corumbá, agora parte do Pantanal, naquela época era mar. As rochas da região já eram muito procuradas pelos paleontólogos por conterem vestígios da fauna conhecida como "biota de Ediacara", que começou a surgir entre 580 milhões e 560 milhões de anos atrás (*sic*), como os gêneros *Corumbella* e *Cloudina*. Por isso, quando o paleobiólogo britânico Martin Brasier, da Universidade de Oxford (Reino Unido), veio à USP em 2012 como professor visitante, ele foi visitar a área e levou seu então aluno de mestrado, Luke Parry. Eles também não enxergaram os sutis riscos nas amostras de rocha que levaram para continuar e aprofundar os estudos.

De volta à Inglaterra, Parry examinou as amostras usando a técnica de microtomografia tridimensional por raios X e então enxergou os túneis que chegam a mergulhar 7 mm na superfície, atravessando camadas de sedimento. Mais do que isso, as marcas feitas pelos antigos moradores dos túneis indicam o tipo de movimento que faziam, deixando espaços ligeiramente mais alargados, como se fossem gomos. Trata-se, segundo os pesquisadores, de cicatrizes de contrações musculares, marcas de organismos classificados como bilaterais, já portadores de certa complexidade morfológica. Os túneis são preenchidos com pirita, um material diferente da camada de sedimentos externa, indicando que ali havia muco orgânico.

O achado era surpreendente em rochas da Formação Guaicurus, do início do Cambriano. Nessa época, 541 milhões de anos atrás (*sic*), começou a grande diversificação conhecida como Explosão Cambriana da Vida, quando surgiu boa parte dos filos que deram origem à biodiversidade atual. O orientador, Brasier, faleceu em 2014 em um acidente, mas Parry continuou o trabalho e este ano terminou o doutorado. É ele o primeiro autor do artigo agora publicado.

Em 2016, em parceria com o paleobiólogo Alex Liu, da Universidade de Cambridge, Parry e os pesquisadores brasileiros encontraram vestígios dos mesmos organismos em amostras retiradas de outra camada, mais antiga, na Formação Tamengo. A descoberta foi mais surpreendente ainda, já que os fósseis ali armazenados são mais antigos e, ainda por cima, podem ser datados graças à presença de cinzas vulcânicas coletadas pelo geólogo Paulo Boggiani, do IGc. Essa datação, considerada confiável, também foi feita na Inglaterra e atesta a existência desses organismos antes do Cambriano. Camadas de cinzas vulcânicas

Icnofóssil (resquício da atividade) do gênero *Multina minima* revela túneis feitos por vermes há 542 milhões de anos

ainda não foram encontradas na Formação Guaicurus, o que torna mais complicada a datação de fósseis encontrados nela.

De volta ao passado

Como não se pode falar em comprovação em Ciência, sobretudo quando se trata de acontecimentos tão antigos, os pesquisadores são cautelosos. "Se nossa interpretação estiver correta, significa que já havia organismos complexos antes da Explosão Cambriana da Vida", sugere Juliana, da USP. Esses animais já estariam modificando o ambiente ao perfurar o sedimento e assim levar oxigênio para as camadas internas, possivelmente tornando o meio mais hospitaleiro para a colonização por outras formas de vida. É o que o biólogo Cleber Diniz pretende investigar mais a fundo durante o doutorado em curso, sob orientação de Juliana. "Eu estava estudando *Corumbella*, mas descobri que havia algo muito mais desconhecido para explorar", conta. Ele já fez uma coleta detalhada, camada por camada, em pedreiras da região, e já sabe onde estão os vestígios de nematoides.

Nos próximos anos, um grupo de cerca de 15 docentes brasileiros e estrangeiros, e seus estudantes, devem esmiuçar esses achados no âmbito de um projeto de pesquisa coordenado pelo geólogo Ricardo Trindade, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP. Por enquanto, Juliana comemora o fato de hoje o Brasil estar no mapa dos estudos do Pré-Cambriano. Literalmente: no início da colaboração entre o grupo da USP e os colegas do Reino Unido, Mato Grosso do Sul não era considerado importante para se entender esse momento geológico.

Bibliografia

PARRY, L. A. *et al.* "Ichnological evidence for meiofaunal bilaterians from the terminal Ediacaran and earliest Cambrian of Brazil." *Nature Ecology & Evolution*. n. 1, p. 1455-64. 11 set. 2017.

Não podemos deixar de destacar pelo menos duas interessantes afirmações encontradas nesta Notícia. A primeira delas é a declaração explícita de que é complicado o processo de datação dos fósseis, e a segunda é que não se pode falar em comprovação em Ciência.

Ficam aqui expressos nossos cumprimentos aos pesquisadores envolvidos nessa pesquisa pela compreensão das dificuldades que existem para a adoção de conclusões efetivas que possam vir "a demonstrar cientificamente que...", como tão frequentemente soe acontecer!

Deve também ser ressaltada a importância do assunto no contexto da chamada "árvore evolutiva" da vida, se estiver correta a interpretação dos pesquisadores, de que "já havia organismos complexos antes da Explosão Cambriana da Vida"!

EXOPLANETAS DUROS E SEM VIDA

A Revista "Pesquisa FAPESP" de abril de 2017, edição 254, publicou o artigo de Igor Zolnerkevic com o título em epígrafe, destacando que, mesmo parecidos com a Terra, alguns exoplanetas teriam crostas rígidas demais para serem habitáveis. A referência bibliográfica é o artigo do doutorando Diogo Souto e outros, publicado no "The Astrophysical Journal" 835 (2). 1º fev. 2017 com o título. "Chemical abundances of M-dwarfs from the Apogee survey. I. The exoplanet hosting stars Kepler-138 and Kepler-186".

Realmente, cada vez mais é ressaltada a singularidade de nosso planeta para que pudesse ser propício à existência de vida!

Concepção artística do exoplaneta Kepler-186f, o primeiro com tamanho próximo ao da Terra a ser descoberto

A ilustração na página anterior mostra como um artista imaginou o exoplaneta Kepler-186f em abril de 2014. Naquela época, astrônomos confirmaram que esse planeta distante 500 anos-luz do Sistema Solar tinha massa e tamanho próximos aos da Terra. Observações feitas pelo telescópio espacial Kepler também sugeriram que a distância entre o planeta e sua estrela, a anã vermelha Kepler-186, permitiria a existência de água em estado líquido. Por essa razão, os pesquisadores anunciaram o Kepler-186f como o primeiro exoplaneta rochoso descoberto na zona habitável de sua estrela. Inspirada na descoberta, a arte mostra a superfície do Kepler-186f parecida com a da Terra, com continentes e oceanos, uma paisagem propícia ao desenvolvimento de formas de vida semelhantes às de nosso planeta.

Novas observações da estrela Kepler-186, porém, sugerem que a superfície do Kepler-186f pode ser muito diferente, bem menos favorável à existência de vida – ao menos, à vida como se conhece. Em parceria com uma equipe internacional de pesquisadores, a astrônoma Kátia Cunha, do Observatório Nacional, no Rio de Janeiro, e seu aluno de doutorado Diogo Souto realizaram a primeira análise detalhada da composição química da estrela Kepler-186. O estudo foi publicado em fevereiro deste ano na revista *Astrophysical Journal* e apresenta também a análise química de outra anã vermelha, a Kepler-138, orbitada pelo menor exoplaneta rochoso já descoberto, do tamanho de Marte. Essa foi a primeira vez que astrônomos conseguiram medir a abundância química de anãs vermelhas com precisão similar à que se consegue ao observar estrelas semelhantes ao Sol.

A análise da luz emitida por uma estrela, o chamado "espectro da estrela", permite em geral conhecer a abundância dos elementos químicos que a compõem. Souto explica, porém, que as temperaturas na atmosfera das anãs vermelhas são baixas o suficiente para permitir a formação de moléculas de água, óxido de Titânio e óxido de Vanádio. Quando essas estrelas são observadas na faixa da luz visível, o óxido de Titânio mascara a presença de vários elementos químicos. Souto demonstrou, no entanto, que, no infravermelho, é possível identificar e medir a abundância de 13 elementos químicos em anãs vermelhas.

Souto e Cunha usaram dados obtidos com o *Apogee*, espectrógrafo de alta precisão instalado em um telescópio no estado do Novo México, nos Estados Unidos, para estimar a concentração de diferentes elementos químicos nas duas estrelas e concluíram que o Kepler-186f contém mais Silício do que o Sol. Esse excesso de Silício faria com que os exoplanetas ao redor da anã vermelha fossem feitos de rochas tão duras que impediriam a formação de placas tectônicas na crosta.

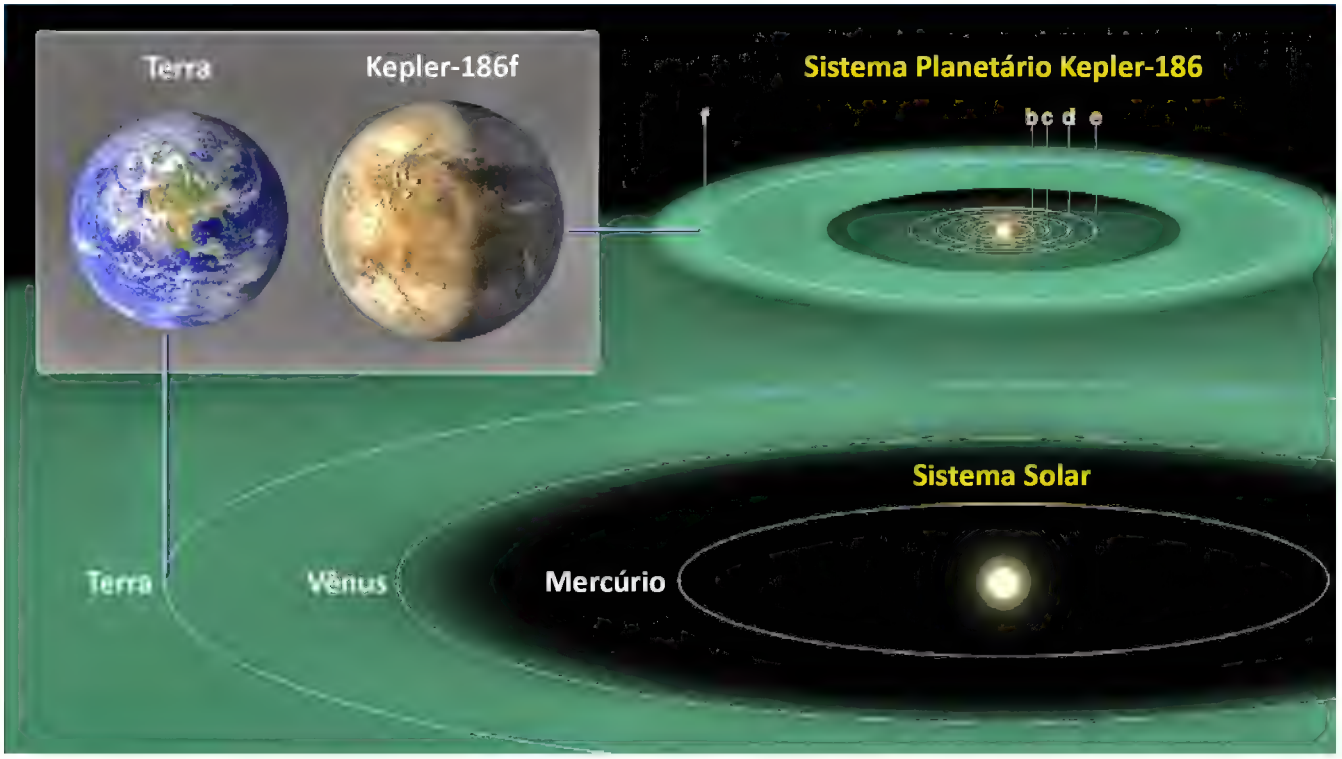
Sem placas tectônicas, não haveria processos de reciclagem de gases, líquidos e rochas que, na Terra, ao longo de bilhões de anos (*sic*), determinaram a composição química da atmosfera, dos continentes e dos oceanos. Sem oceanos ou continentes constantemente alterados pelo movimento de placas tectônicas, o Kepler-186f teria uma superfície relativamente imutável, possivelmente deserta.

Já a outra anã vermelha, a Kepler-138, apresentou uma concentração de Silício próxima à solar. Seu pequeno exoplaneta rochoso, portanto, teria uma composição favorável à formação de placas tectônicas. Mas ele está próximo demais da estrela para ter água líquida na superfície.

"Estudos como esse são de grande importância para a astronomia de exoplanetas", diz Souto. "Uma missão futura da NASA, a Tess, deve observar preferencialmente as estrelas de baixa massa, as mais abundantes na galáxia, e permitir o estudo detalhado da sua composição química, algo importante para conhecer as propriedades de seus exoplanetas."

Ferro, Oxigênio e oceanos

As conclusões de Souto, Cunha e seus colaboradores sobre a superfície do Kepler-186f resultam da aplicação de um modelo matemático desenvolvido em 2016 pelos geofísicos Cayman Unterborn, da Universidade Estadual do Arizona, e Wendy Panero, da Universidade Estadual de Ohio, ambas nos Estados Unidos. O modelo permite estimar, a partir de observações astronômicas da composição química de uma estrela, como seria a composição mineral dos planetas rochosos formados ao redor dela. "A composição da estrela serve de referência para as possíveis composições de seus planetas", diz Unterborn.



Unterborn e Panero basearam o modelo naquilo que os astrônomos e os geofísicos sabem sobre a composição do Sol e a formação do Sistema Solar. Os planetas se formaram a partir de um disco de gás e poeira, feito do mesmo material primordial que deu origem ao Sol. Uma série de colisões ocorridas durante centenas de milhões de anos entre o material do disco levou esses grãos de poeira a se aglutinarem em corpos cada vez maiores até produzirem os planetas rochosos. É esse processo de formação planetária que o modelo dos geofísicos norte-americanos simula de maneira simplificada para calcular a composição mineral dos exoplanetas a partir da constituição química de suas estrelas.

Uma das principais conclusões do modelo é que a abundância do elemento químico Oxigênio no disco protoplanetário pode restringir o tamanho dos núcleos dos planetas. Um planeta rochoso como a Terra possui um núcleo de Ferro metálico, que é envolto por um manto espesso e este, por sua vez, coberto por uma fina crosta que forma a superfície terrestre. "No manto, o Oxigênio reage com o Ferro e cria óxidos leves demais para afundarem até o centro do planeta", explica Unterborn. "Em vez disso, esses óxidos permanecem no manto e influenciam a composição dos minerais." A quantidade de Oxigênio também controla a presença de água no manto e a chance de o planeta ter oceanos.

Enquanto o núcleo é feito quase exclusivamente de Ferro, o manto e a crosta são compostos de minerais contendo vários elementos químicos, sendo o principal o Silício. "Ao estimarmos a composição química da porção do planeta exterior ao núcleo, rica em Silício, conseguimos modelar o processo que aquece as rochas do manto e forma a crosta", explica Unterborn. "Se parte da crosta for composta de material mais denso do que o do manto abaixo dela, então o planeta pode desenvolver uma dinâmica de placas tectônicas."

Para testar esse modelo com observações astronômicas, Unterborn e Panero trabalham desde meados do ano passado com Johanna Teske, do Instituto Carnegie, Estados Unidos, e outros astrônomos que utilizam o espectrógrafo *Apogee*, montado no telescópio da Fundação Sloan no Observatório "Apache Point", no Novo México. O *Apogee* já analisou as linhas espectrais na faixa de frequências do infravermelho de aproximadamente 200 mil estrelas da Via Láctea. O objetivo principal é usar a composição química das estrelas para entender a história da formação da galáxia (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 232*).

Algumas das estrelas observadas pelo *Apogee* também foram alvo do telescópio espacial Kepler, projetado para buscar sinais da presença de exoplanetas em variações na intensidade do brilho das estrelas, e são agora investigadas por Johanna e seus colaboradores. Eles estão aplicando o modelo de Unterborn e Panero para deduzir as propriedades dos exoplanetas rochosos identificados pelo Kepler ao redor dessas estrelas.

O Silício e os continentes

No encontro da Sociedade Astronômica Americana realizado em janeiro deste ano no Texas, a equipe apresentou os primeiros resultados da avaliação da composição química dos planetas que orbitam duas estrelas semelhantes ao Sol, uma anã amarela. Os pesquisadores usaram a diferença entre a química da Kepler-102 e a da Kepler-407 para exemplificar como a abundância de Silício de uma estrela é um indicador forte dos minerais encontrados em maior quantidade nos planetas rochosos que a orbitam.

No caso da Kepler-102, cuja concentração de Silício é semelhante à do Sol, os pesquisadores preveem que seus exoplanetas rochosos devem ter manto e crosta ricos em minerais do grupo das olivinas, igualmente abundantes no manto e na crosta terrestres. Já no caso da Kepler-407, com concentração de Silício muito superior à solar, o seu exoplaneta com dimensões semelhantes às da Terra, o Kepler-407b, deve ter crosta rica em diópsido e manto com elevada abundância de granada, minerais mais duros e densos do que as olivinas, os mais abundantes na Terra. Essa combinação, segundo Unterborn, impediria a formação de placas tectônicas.

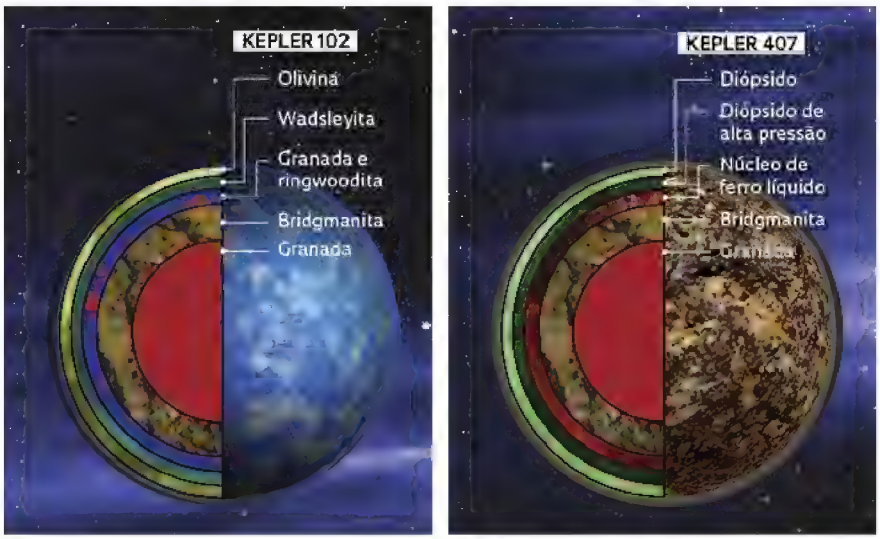
Por ter minerais mais densos, o Kepler-407b pode apresentar uma massa maior do que a terrestre, embora seu raio seja semelhante ao da Terra. Futuras observações do planeta, a serem feitas com uma nova geração de telescópios mais potentes, podem confirmar ou refutar essa previsão. "Por enquanto, as incertezas nas medidas ainda são um pouco grandes", diz Unterborn.

Como mostra o trabalho de Souto, Cunha e colaboradores, o modelo de Unterborn e Panero também pode ser usado para estimar a composição de exoplanetas em outros tipos de estrelas, e não apenas nas anãs amarelas como o Sol. De todas, as mais importantes são as anãs vermelhas, que representam 70% das estrelas da Via Láctea – as anãs amarelas somam de 7% a 8% das estrelas da galáxia. Por serem pequenas, com menos da metade do tamanho do Sol, as anãs vermelhas facilitam a detecção dos exoplanetas que passam em sua frente. Como essas estrelas são menores, os planetas, ao atravessarem o caminho delas, causam uma redução maior e mais facilmente detectável na luz que chega à Terra.

Este ano, astrônomos que trabalham com os telescópios espaciais Spitzer e Hubble, da NASA, e o telescópio terrestre Trappist, do Observatório Europeu do Sul, descobriram um número recorde de sete exoplanetas ao redor de

A química dos planetas

Concentração do elemento químico Silício altera a rigidez da crosta



As imagens acima mostram a possível composição mineral dos planetas formados ao redor das estrelas Kepler-102 e Kepler-407. A Primeira tem concentração de Silício similar à do Sol. A segunda, mais alta. Os planetas da Kepler-102 são ricos em olivinas e podem ter tectônica de placas, como a Terra; os Kepler-407 têm mais granada e diópsido e, provavelmente, uma crosta rígida.

FONTE SLOAN DIGITAL SKY SURVEY

uma anã vermelha, a Trappist-1. Esses planetas têm massa e tamanho semelhantes aos da Terra e três se encontram na zona habitável da estrela. "A Trappist-1 está no hemisfério Sul e só conseguiremos observá-la quando o instrumento *Apogee-2* estiver instalado no Observatório Las Campanas, no Chile", conta Souto. "Fizemos um pedido para observá-la antes de novembro e esperamos ter algum resultado sobre a sua composição química até o fim do ano."

CONCHAS MOSTRAM COMO OCEANO REAGIU AO AQUECIMENTO DO PLANETA

PESQUISA REALIZADA NA USP PODE CONTRIBUIR PARA O APRIMORAMENTO DE MODELOS CLIMÁTICOS QUE BUSCAM DEFINIR CENÁRIOS FUTUROS

O "Jornal da USP" de 12 de julho de 2017 publicou interessante resumo, de autoria de José Tadeu Arantes, sobre pesquisas realizadas na Universidade que podem contribuir para o aprimoramento de modelos climáticos que buscam definir cenários futuros. Esse resumo é apresentado a seguir e, dada a importância do assunto apresentamos também, em continuação, a notícia sobre o mesmo tema, pelo mesmo autor, veiculada pela Revista "Pesquisa FAPESP" em 10 de julho.

No atual contexto de mudança climática global, o estudo do passado adquiriu extraordinária relevância para o desenho de cenários futuros. Pesquisas sobre transformações ocorridas durante a última deglaciação, por exemplo, entre 19 e 12 mil anos atrás, quando a temperatura média do planeta subiu aproximadamente 3,5º C, são fundamentais para aferir a acurácia dos modelos numéricos que buscam projetar o que acontecerá no planeta nas próximas décadas.

Uma dessas pesquisas, conduzida por Rodrigo da Costa Portilho-Ramos, do Instituto de Geociências (IGc) da USP, investigou as mudanças produzidas pelo aquecimento global na camada superior da coluna d'água oceânica – um domínio do sistema climático especialmente difícil de estudar. E resultou no artigo *Coupling of equatorial Atlantic surface stratification to glacial shifts in the tropical rainbelt*, publicado na revista *Scientific Reports*, do grupo *Nature*.

O estudo foi apoiado pela Fapesp por meio do "Auxílio à Pesquisa Jovens Pesquisadores", que contempla o projeto "Resposta da porção oeste do Oceano Atlântico às mudanças na circulação meridional do Atlântico: variabilidade milenar a sazonal", liderado por Cristiano Chiessi, da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da USP. Chiessi é supervisor do pós-doutorado de Portilho-Ramos e coautor do artigo veiculado na *Scientific Reports*.

"Apesar de parecerem homogêneos, os oceanos são altamente estratificados, com diferentes camadas na coluna d'água. A camada superficial é de enorme importância para o clima do planeta, porque é nela que ocorre a fotossíntese produzida pelo fitoplâncton. Então, se essa camada superficial é mais espessa ou menos espessa, mais quente ou menos quente, mais produtiva

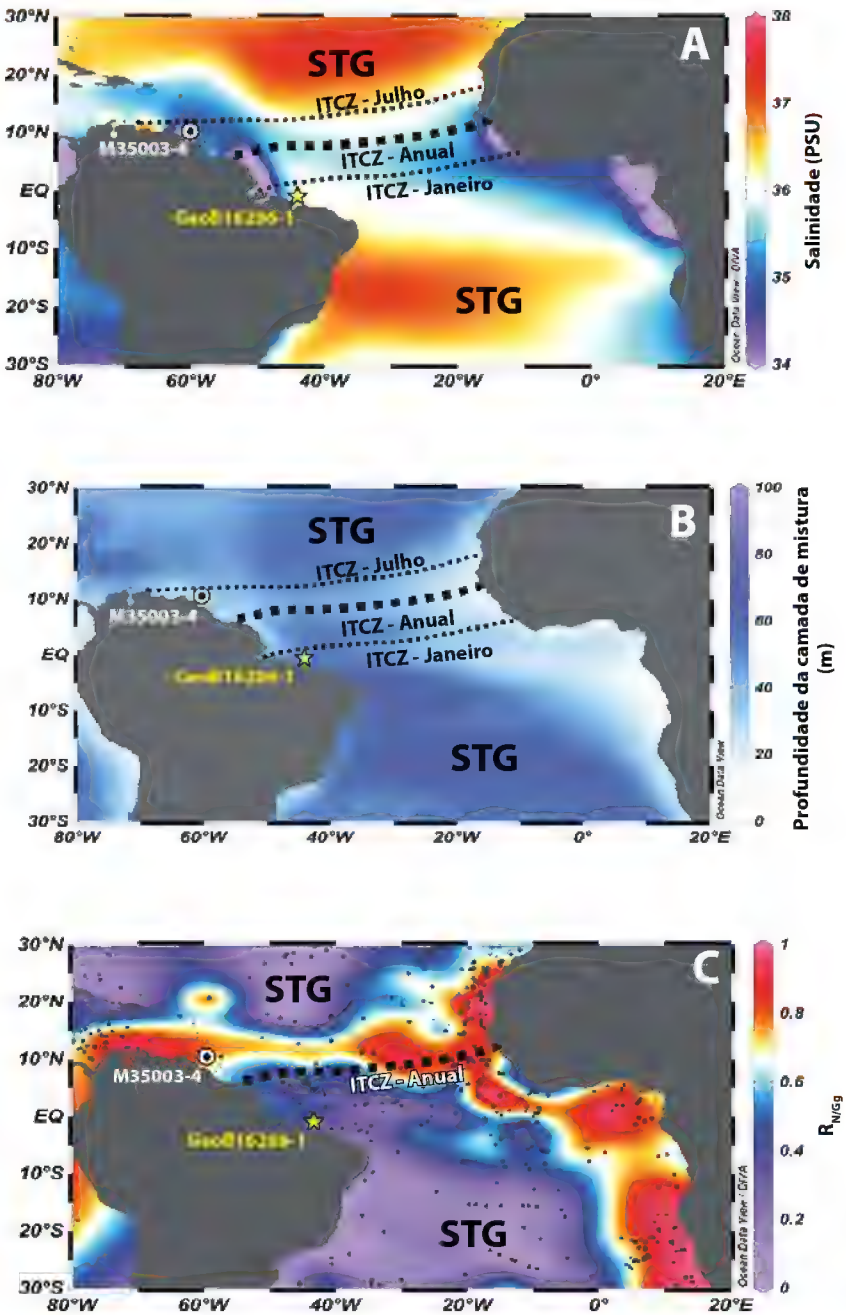
metros de profundidade, e constroem conchas de carbonato de cálcio. Depois que morrem, as conchas se depositam no fundo oceânico e viram fósseis, que registram a história natural do planeta e se constituem em uma das mais importantes ferramentas para a pesquisa paleoceanográfica", informou Portilho-Ramos.

De acordo com Chiessi, o atual processo de mudança climá-

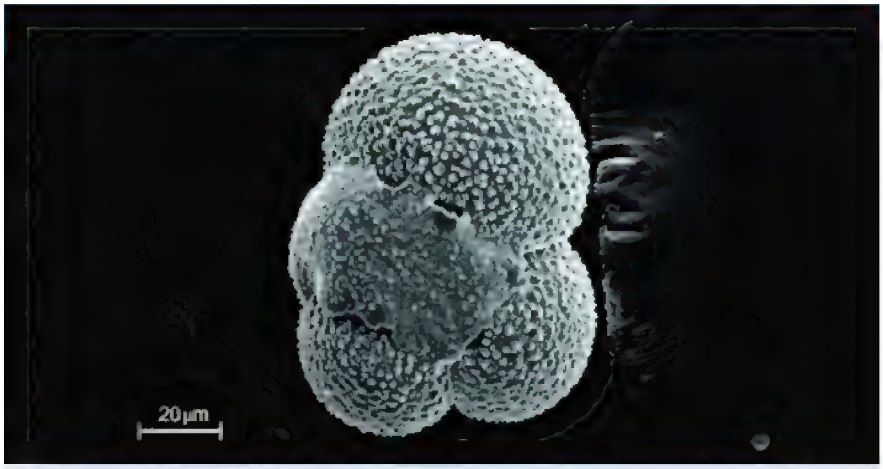
ou menos produtiva, isso tem influência direta na quantidade de Carbono lançada ou absorvida da atmosfera. E, portanto, no sistema climático como um todo", disse Chiessi à Agência Fapesp.

Ele adverte, porém, que modelos climáticos de grande complexidade, como os utilizados no IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), têm muita dificuldade em reproduzir a estratificação da coluna d'água e, portanto, em incorporar essa influência. "Nossa pesquisa permitiu saber, pela primeira vez, como a camada superior dos oceanos variou em um contexto de mudança climática abrupta, associado à deglaciação", completou.

Para caracterizar essa variação, Portilho-Ramos coletou amostras de sedimento no fundo oceânico – mais especificamente, carapaças de foraminíferos planctônicos fósseis. "Os foraminíferos são organismos unicelulares (protozoários), exclusivamente marinhos, altamente sensíveis às variações ambientais (temperatura, luminosidade, salinidade, disponibilidade de nutrientes, estratificação da coluna d'água etc.). Vivem na superfície dos oceanos, entre zero e 800



A análise das conchas possibilitou determinar a posição atual e os deslocamentos da chamada Zona de Convergência Intertropical do Atlântico no passado



G.glutinata com bulla, espécie do filo *Foraminifera*, que apresenta concha

Pesquisa realizada pelo IGc pode contribuir para o aprimoramento de modelos climáticos que buscam definir cenários futuros

tica está derretendo as calotas polares e injetando água doce no Atlântico Norte, assim como ocorreu no passado. Ainda não é possível prever todas as consequências do processo, devido à grande quantidade de fatores envolvidos. Mas, com base neste estudo, é de se supor modificações que resultem em forte aumento das chuvas durante a estação úmida no Nordeste brasileiro. "Como as projeções indicam que, na média anual, as chuvas diminuirão no Nordeste, os extremos devem se intensificar", concluiu o professor da EACH.

Apresentamos, em seguida, a complementação do texto anterior com a notícia veiculada pela Revista "Pesquisa FAPESP" com o título "Estudo de conchas mostrou como o oceano reagiu ao aquecimento do planeta".

A análise das conchas possibilitou determinar a posição atual e os deslocamentos no passado da chamada Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (em inglês *Atlantic Intertropical Convergence Zone* – ou *Atlantic ITCZ*). A ITCZ é um cinturão de baixa pressão atmosférica e máxima precipitação, que abraça o planeta inteiro na região equatorial e produz um padrão específico de estratificação na camada superficial nos oceanos. No Atlântico, essa faixa de máxima precipitação e, portanto, de baixa salinidade, está posicionada atualmente um pouco ao norte da linha do Equador. E migra sazonalmente de norte para sul. As migrações, por meio das quais a ITCZ busca sempre o maior aporte de energia solar, dependem dos ciclos das estações e da troca de energia térmica entre os dois hemisférios por meio das circulações oceânica e atmosférica.

Esse sistema complexo de transferência de calor conjuga a Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (em inglês *Atlantic Meridional Overturning Circulation* - AMOC), um mecanismo de circulação oceânica que transfere, através do Equador, 0,4 petawatt [$0{,}4.10^{15}$ W] de energia do sul para o norte, e a circulação atmosférica, que devolve 0,2 petawatt de energia do norte para o sul. O posicionamento da ITCZ ao norte do Equador decorre da assimetria dessa troca de energia.

"Modelos climáticos sugerem que o arrefecimento da AMOC devido ao aquecimento do planeta provoca um deslocamento da ITCZ para o sul – até mesmo para o sul da linha do Equador. E isso foi confirmado por registros paleoclimáticos de origem continental, como estalagmites em cavernas, sedimentos despejados pelos rios no oceano e sedimentos depositados no fundo dos lagos. Todos esses registros mostraram que, de fato, houve um grande aumento das chuvas na porção sul da América do Sul tropical durante três eventos abruptos de arrefecimento da AMOC ocorridos ao longo dos últimos 30 mil anos: o primeiro há cerca de 25 mil anos; o segundo, entre 18 mil e 15 mil anos atrás; e o terceiro, entre 12 mil e 11 mil anos atrás (*sic*). A nossa pesquisa foi pioneira em demonstrar que esses deslocamentos da ITCZ também causaram marcantes mudanças na estratificação do próprio oceano", afirmou Portilho-Ramos.

Nesses três eventos, houve drástica redução da salinidade oceânica nas altas latitudes do hemisfério Norte, devido à grande quantidade de icebergs e água doce, resultantes do derretimento do gelo da calota polar do Ártico, que entraram no Oceano Atlântico Norte. Essa variação da salinidade e, portanto, da densidade da camada superior da coluna d'água, determinou o arrefecimento da AMOC, a redução do transporte de energia para norte e o deslocamento da ITCZ para

sul. E isso, por sua vez, intensificou o regime de chuvas a sul do Equador.

"O excesso de água doce no topo da coluna d'água reduz a ação turbulenta dos ventos na superfície oceânica, o que permite que águas mais frias e ricas em nutrientes penetrem na zona fótica, isto é, na zona iluminada pela luz, aumentando a produtividade biológica e alterando a comunidade de foraminíferos planctônicos. A análise das espécies de foraminíferos planctônicos permitiu-nos estabelecer a posição atual da ITCZ e a amplitude dos deslocamentos ocorridos no passado", explicou Portilho-Ramos.

No segundo período de arrefecimento da AMOC, entre 18 mil e 15 mil anos atrás (*sic*), a ITCZ deslocou-se, no Atlântico, para 1 grau de latitude sul, ou seja, cerca de cinco graus para o sul da sua posição média atual. "Nossos dados corroboraram simulações de modelos climáticos, forçados pela injeção de água doce no Atlântico Norte devido ao derretimento de gelo", relatou o pesquisador.

"Isso funcionou como uma prova de validação dos modelos", comentou Cristiano Chiessi. "O atual processo de mudança climática está derretendo as calotas polares e injetando água doce no Atlântico Norte, assim como ocorreu nos períodos de arrefecimento da AMOC no passado. Ainda não somos capazes de prever todas as consequências do processo, devido à grande quantidade de fatores envolvidos. Mas, com base em nosso estudo, é de se supor uma expressiva redução da AMOC e um deslocamento da ITCZ para sul, com forte aumento das chuvas durante a estação úmida no Nordeste brasileiro. Como as projeções indicam que, na média anual, as chuvas diminuirão no Nordeste, os extremos devem se intensificar", concluiu.

Observe-se que o articulista destaca a observação bastante ilustrativa do atual estado das pesquisas climatológicas ao transcrever a declaração de Cristiano Chiessi de que "ainda não somos capazes de prever todas as consequências do processo, devido à grande quantidade de fatores envolvidos".

É sempre salutar rememorar as limitações que pesam sobre as conclusões das atividades de pesquisa científica. Há sempre novos horizontes a serem perscrutados!

EXTRATERRESTRES PODEM SER MAIS PARECIDOS COM OS HUMANOS DO QUE PENSAMOS

A propósito de exoplanetas e vida extra-terrestre (exovidas ou extravidas?), achamos interessante publicar também a notícia com o título acima, mais como uma curiosidade que pode nos dar uma ideia da fertilidade da imaginação humana, às vezes considerada como realidade!

Nela, professores da Universidade de Oxford, no Reino Unido, acreditam que os extraterrestres podem aparentar mais semelhanças com os seres humanos do que se pensa...

A notícia foi publicada por ZAP em 4 de novembro de 2017

De acordo com a pesquisa realizada por cientistas da conceituada Universidade de Oxford, os extraterrestres podem ter passado por processos de evolução, como seleção natural, semelhantes aos humanos. Em comunicado sobre o estudo, os cientistas notam que as formas de vida alienígenas podem ter também evoluído para se tornarem "mais capazes e mais fortes" com o tempo.

A nova teoria, publicada no *International Journal of Astrobiology*, aponta que o processo de

seleção natural descrito por Darwin e verificado (?) na Terra com os organismos vivos, pode ter ocorrido também em outros planetas.

Com base nesta ideia, os cientistas partiram para a previsão de como podem ser fisicamente os extraterrestres. "Nós oferecemos uma abordagem alternativa, que é usar a Teoria Evolucionária para fazer previsões que são independentes dos detalhes da Terra", explica Samuel Levin, do Departamento de Zoologia da universidade, citado no comunicado. "É uma abordagem útil porque as previsões teóricas se aplicariam a extraterrestres que são formados de Silício, que não têm DNA e que respiram azoto, por exemplo", conclui.

E se é certo que ainda não se pode definir exatamente o aspecto desses extraterrestres, os cientistas acreditam que podemos tirar conclusões sobre que tipo de formas de organismos podem ser. "Ainda não podemos dizer se os extraterrestres andam em duas pernas ou se têm grandes olhos verdes. Mas acreditamos que a Teoria Evolucionária oferece uma ferramenta única adicional para tentar entender como os extraterrestres seriam, e mostramos alguns exemplos dos tipos com fortes previsões que podemos fazer com ela", diz Levin.

Um desses exemplos é o "Octomite", uma espécie de criatura de tubos "feita de entidades menores que alinharam seus interesses para cooperarem, assim como as células do corpo humano trabalham juntas para manter a pessoa viva", destacam os pesquisadores.

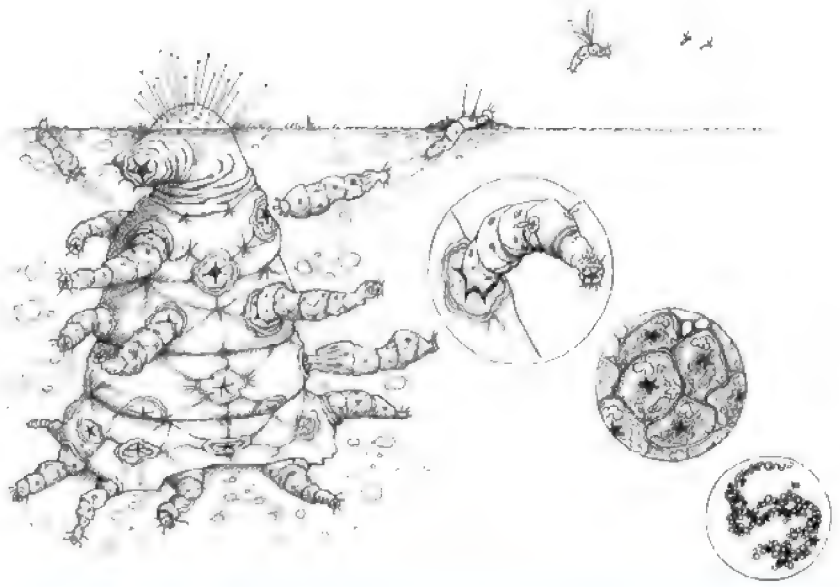
A Teoria da Evolução Natural na Terra assenta na ideia de que "grandes transições", ou seja, eventos ou fenômenos com grande impacto, levaram grupos de organismos a evoluírem para formas de vida mais complexas. Assim, organismos de células únicas deram origem a organismos multicelulares.

"Prevendo que os extraterrestres passariam por grandes transições – que é como a complexidade surgiu nas espécies da Terra –, podemos dizer que há um certo nível de previsibilidade de evolução que faria com que se pareçam conosco", destaca Levin. "Como os humanos, prevemos que são feitos de uma hierarquia de entidades, com todas cooperando para produzirem um extraterrestre. Em cada nível do organismo, haveria mecanismos para eliminar o conflito, manter a cooperação e o organismo funcionando", acrescenta o cientista.

Levin lembra ainda que "há, potencialmente, centenas de milhares de planetas habitáveis só na nossa galáxia". E se "não podemos dizer se estamos ou não sozinhos no Universo", esta pesquisa sobre a vida alienígena é "um pequeno passo para responder outra questão: como seriam nossos vizinhos", conclui.

É realmente impressionante a que ponto chegam ilustres professores de Oxford em suas elucubrações nada científicas!

Como pode "a Teoria Evolucionária oferecer uma ferramenta



O *Octomite*, um extraterrestre complexo, formado por uma hierarquia de entidades que cooperam e mantêm o organismo em funcionamento

única adicional para tentar entender como os extraterrestres seriam, e mostrar alguns exemplos dos tipos com fortes previsões que podemos fazer com ela"? E como pode "prever que esses tipos são feitos de uma hierarquia de entidades, com todas cooperando para produzirem um extraterrestre"? Afinal, a Teoria Evolucionária admite cooperação? A Seleção Natural não é diametralmente oposta a esse conceito na luta pela sobrevivência onde impera o egoísmo e não há lugar para o altruísmo?

Oxford está se tornando Off Order... Ainda bem que ainda lá se encontra um John Lennox para se contrapor com muita lógica a esses conceitos esdrúxulos!

A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO: COMECE OLHANDO PARA SUA XÍCARA DE CAFÉ

MATEMÁTICOS DA USP EM SÃO CARLOS NOS AJUDAM A VER COMO ESSA CIÊNCIA FAZ PARTE DA NOSSA ROTINA

O "Jornal da USP" de 3 de agosto de 2017 publicou este artigo de autoria de Denise Casatti, assessora de imprensa do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP, Campus de São Carlos, sobre como a Matemática nos ajuda a ver que ela faz parte de nossa rotina diária, muitas vezes sem nos apercebermos desse fato. Certamente a sua leitura será de bastante interesse para nossos leitores.

O café da manhã dos matemáticos pode ser bem mais complexo do que para os demais habitantes do planeta. Quando os matemáticos enchem suas xícaras de café e pegam o açúcar, eles reconhecem a mágica que ocorre durante o tempo em que a colher gira para misturar aquelas substâncias. Mas que beleza oculta os matemáticos veem na transformação do líquido amargo em doce?

Em primeiro lugar, eles sabem o quanto o caos é importante nesse processo e balançam a colher de forma desordenada. Se a mexessem em círculos, com movimentos periódicos, o açúcar se acumularia nas beiradas da xícara, onde o líquido se movimenta mais devagar. "O caos é usado em muitas aplicações práticas para fazer misturas de maneira a homogeneizar as substâncias", conta o professor aposentado Hildebrando Rodrigues, do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da USP, em São Carlos.

Ele explica que, ao promover o caos com a colher, possibilitamos que as partículas de açúcar se afastem rapidamente umas das outras e se mesclem com o líquido. "Essa é uma característica muito importante do caos: fazer o que está próximo se distanciar rapidamente", revela o professor. Para analisar o fenômeno matematicamente, precisamos transformar o café e o açúcar em coordenadas: imagine, então, que o café se torna um "x"

O professor Rodrigues é um dos principais expoentes da área de equações diferenciais no Brasil.

Ele contribuiu para o desenvolvimento e a consolidação desse campo de pesquisa no País.

Conceitos matemáticos ajudam a entender o que ocorre quando se mistura o açúcar ao café

e o açúcar um "y". A compreensão dessa mistura de "x" e "y" só ocorre se levarmos em conta os movimentos com eles ao longo do tempo em que a colher promove o deslocamento dessas duas coordenadas.

Bem-vindo ao sistema dinâmico da xícara de café! Observe o açúcar se misturando. Trata-se de um fenômeno em que há uma variação e você já consegue imaginar que esse microssistema funciona de forma similar a muitos outros. Olhe agora para o céu e veja os corpos celestes descrevendo suas órbitas: eles também se movem ao longo do tempo. E tudo que apresenta variação pode ser traduzido matematicamente por uma equação diferencial.

"No embrião do estudo das equações diferenciais está a obra de Galileu Galilei ao pesquisar o movimento dos astros", conta Plácido Táboas, outro professor aposentado do ICMC. Ele lembra que no tempo de Galileu ainda não existia o termo "equações diferenciais" nem "cálculo diferencial", mas faz uma ressalva: "Você tem que olhar a obra do homem no seu tempo. E no tempo dele, Galileu foi genial".

Precursor da física experimental e teórica, Galileu deu os primeiros passos rumo à compreensão dos sistemas dinâmicos ao pesquisar a trajetória dos planetas. De lá para cá, muita coisa mudou. Hoje, a maioria dos modelos matemáticos utilizados na Física, na Engenharia, na Química, na Biologia e nos mercados financeiros envolve equações diferenciais. Elas são a base da Dinâmica de Isaac Newton e estão presentes nas equações de Albert Einstein que descrevem a força da gravidade.

Plácido Táboas: "Você tem que olhar a obra do homem no seu tempo"

As equações diferenciais permeiam nosso cotidiano e são aplicadas a problemas tão diversos e fascinantes que vão muito além da mistura de café e açúcar. Foram elas que ajudaram a descobrir por que algumas pontes caem, quais obras de arte são falsas, a diagnosticar doenças, a acompanhar a evolução de um tumor cancerígeno e o crescimento de populações.

Ao vislumbrar essas diferentes aplicações, você verá que não é preciso fazer contas nem resolver equações para entender que a Matemática está presente em tudo. É claro que talvez poucos sejamos capazes de resolver equações diferenciais, mas com certeza todos podemos reconhecer sua importância ao compreender para que elas servem. Basta pensar em tudo o que existe na vida que varia com o tempo e você começará a enxergar equações diferenciais por toda parte.

Uma ponte que cai

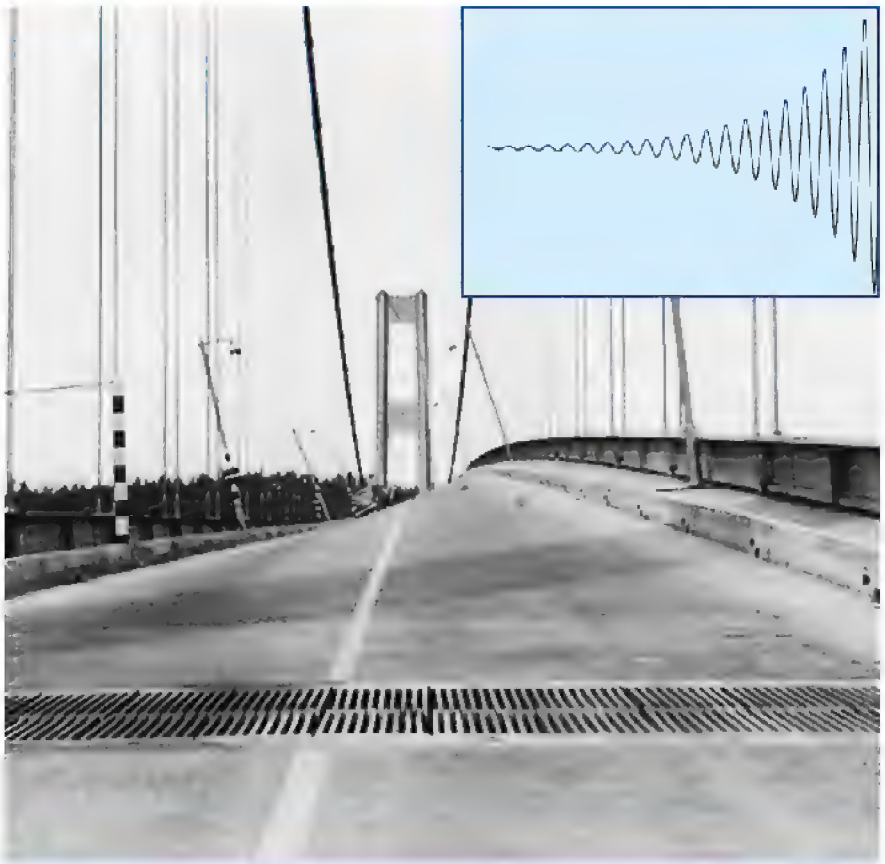
A terceira maior ponte pênsil do mundo foi inaugurada em 1940 no estreito de Tacoma, em Washington, nos Estados Unidos. Logo virou atração: as pessoas vinham de centenas de quilômetros em seus carros apreciar

a curiosa emoção de dirigir sobre uma ponte que oscilava e havia ganhado o apelido de "galopante". Poucos imaginavam que, quatro meses depois, o galope seria incontrolável a ponto de fazer a ponte de Tacoma Narrows despencar.

No livro *Equações diferenciais e suas aplicações*, o matemático Martin Braun conta os detalhes da tragédia, relatando que a única vida perdida na catástrofe foi a do cachorro de estimação de um repórter pouco cauteloso. Ele precisou abandonar o carro às pressas antes que a ponte desabasse e esqueceu o animal. "A partir de aproximadamente sete horas da manhã, de 7 de novembro de 1940, a ponte começou a ondular persistentemente por três horas", relata Braun. A ponte só se despedaçou por completo às 11h10 daquela manhã. Mas o que essa queda tem a ver com as equações diferenciais?

"Imagine uma criança no balanço. Digamos que ela é pesada e, aos poucos, você a empurra e a faz se movimentar. Se você empurra na hora certa, ela vai embalando. Isso é "ressonância": a força que você está fazendo ao empurrá-la entra em sintonia com a oscilação que já estava acontecendo e, então, ela vai oscilando com uma amplitude cada vez maior. E você faz isso com pouco esforço", revela o professor Táboas. Foi esse fenômeno da ressonância que ocorreu na ponte de Tacoma: a frequência de vibração natural da ponte foi amplificada pelo vento que havia no local.

"Quanto perigo esse tipo de movimento apresenta depende de como a frequência natural da estrutura (lembremos que as pontes são feitas de aço, um material altamente elástico) está próxima da frequência da forma que empurra. Se as duas frequências são as mesmas, ocorre ressonância, e as oscilações se tornarão destruidoras se o sistema não tiver uma suficiente quantidade de amortecimento", escreve Braun.



OSCILAÇÃO TRANSVERSAL DA PONTE DE TACOMA NARROWS

Gráfico que mostra a variação da amplitude de uma oscilação em função do tempo, ilustrando o fenômeno da ressonância, como solução de uma equação diferencial.

No livro, Braun relata que o mesmo fenômeno foi responsável pela queda da ponte suspensa de Broughton, perto de Manchester, na Inglaterra, em 1831. Mas em vez do vento, o responsável pelo desastre foram os soldados. Ao marcharem de forma cadenciada sobre a ponte, eles produziram uma força periódica de amplitude bastante grande, tal como o vento fez com a ponte de Tacoma. A frequência da força dos soldados foi igual à frequência natural da ponte e as oscilações foram aumentando até que a ponte ruiu: "É por essa razão que se ordena aos soldados para quebrarem a cadência quando atravessam uma ponte".

Quando fala o coração

A marcha dos soldados pode ser comparada ao ritmo do nosso coração. Mas se a cadência desse órgão vital for quebrada, teremos um sério problema: arritmias cardíacas. Em um artigo publicado pelo professor Hildebrando Rodrigues, em parceria com a professora Isabel Laboriau, da Universidade do Porto, em Portugal, ele usou as equações diferenciais para modelar

a atividade elétrica em sistemas biológicos.

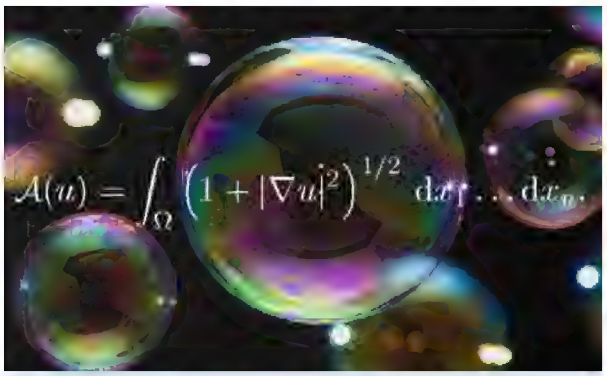
A grande contribuição da Matemática para essa área é atuar na busca pela sincronização desses sistemas quando eles entram em caos. Porque se o caos é muito bem-vindo na xícara de café, ele é um desastre quando interfere em batimentos cardíacos, impulsos nervosos, fibras musculares e células pancreáticas.

"As células do coração têm que pulsar de forma sincronizada tal como as linhas de transmissão de energia. Se acontecer uma falha em uma linha por causa de um raio, por exemplo, todo o sistema pode cair. E o caos pode se propagar caso aquela linha com problema não seja desligada", explica Rodrigues. "No Brasil, temos mais de 600 hidrelétricas e cada uma tem seu próprio modelo matemático. Elas são interligadas pelas linhas de transmissão e todas têm que trabalhar sincronizadamente", acrescenta o professor.

Rodrigues ressalta ainda que, a partir de um trabalho de colaboração com pesquisadores da área de Engenharia Elétrica, foram aprimorados os modelos empregados nessa área no Brasil. "Posso afirmar que os resultados mais bem-sucedidos para encontrar a estabilidade nesses sistemas de potência são do nosso grupo de pesquisa e podem ser utilizados em outras áreas do conhecimento." O professor é um dos principais expoentes da área de equações diferenciais no Brasil. Ele contribuiu para o desenvolvimento e a consolidação desse campo de pesquisa no País.

Em 2013, ao completar 70 anos, Rodrigues foi homenageado durante o *Summer Meeting on Differential Equations*, um dos mais importantes eventos do mundo na área de equações diferenciais. Realizado anualmente pelo ICMC desde 1996, o evento é promovido pelo grupo de Sistemas Dinâmicos Não Lineares do ICMC e conta com o apoio das principais agências de fomento à pesquisa do País.

"Em muitos casos, estudamos as equações diferenciais como objetos matemáticos. A razão é que nós nunca sabemos quando vamos precisar delas. Mas é necessário ter essa caixa de ferramentas, que é uma completa compreensão da teoria, exatamente por não sabermos quando vamos necessitar dela em uma aplicação", destaca o professor John Mallet-Paret, da *Brown University*, nos Estados Unidos.



A imagem acima é um exemplo de uma equação diferencial.

Nesse caso específico, temos a chamada "equação da superfície mínima", a forma codificada que os matemáticos encontraram para entender o comportamento surpreendente das películas de sabão.

Enquanto toma um café em um dos intervalos da última edição do *Summer Meeting on Differential Equations*, realizado de 6 a 8 de fevereiro no ICMC, ele dá inúmeros exemplos das aplicações das equações diferenciais: na Física, são elas que ajudam a compreender o comportamentos dos fluidos e possibilitam, por exemplo, construir um avião mais eficiente ou fazer previsões do tempo; na Biologia, é essa ferramenta que se usa para entender como as bactérias e os vírus se propagam, assim como para verificar se novas terapias são, de fato, melhores do que as antes empregadas.

Por isso, são muitos os desafios que instigam os pesquisadores dessa área. "Um dos campos de maior interesse está relacionado à interação entre sistemas determinísticos e sistemas randômicos. Tradicionalmente, na área de equações diferenciais, nós tentamos prever exatamente o que vai acontecer no futuro (sistema determinístico). Mas, no mundo real, as coisas não são assim, pois sempre há alterações imprevisíveis (sistema randômico). Entender como essas mudanças interferem nos resultados das equações diferenciais é um grande desafio atualmente", ressalta Mallet-Paret.

Uma das transformações que vêm gerando impacto na área está ligada ao desenvolvimento tecnológico. "Ser capaz de resolver equações diferenciais no computador de forma acurada não era possível 20 anos atrás", diz. Para ele, com o aumento da capacidade dos computadores, abre-se um vasto leque para o desenvolvimento de novas aplicações de alta relevância empregando as equações diferenciais.

Para aqueles que pensavam que tudo já estava resolvido quando o papo era Matemática, vale dizer que, por estar presente em tudo, a Matemática é tão infinita quanto a capacidade humana de criar. Como escreve o matemático Edward Frenkel no livro "Amor e Matemática: O coração da realidade escondida":

Vindos de várias partes do mundo, pesquisadores da área de equações diferenciais reúnem-se anualmente no ICMC, durante o tradicional *Summer Meeting on Differential Equations*

"*Eis como é em Matemática: cada novo resultado remove o véu que cobre o desconhecido, mas o que então se torna conhecido não contém simplesmente respostas – inclui perguntas que não sabíamos formular, direções que não sabíamos que podíamos explorar. E, assim, cada descoberta nos inspira a dar novos passos e nunca nos deixa satisfeitos em nossa busca por conhecimento*".

DESERTOS E SEUS PADRÕES MATEMÁTICOS

O "Jornal da USP" de 26 de outubro de 2017 trouxe um interessante artigo sobre padrões matemáticos observados em alguns aspectos da natureza, em que Denise Casatti dá notícias sobre o trabalho que vem sendo desenvolvido por Phillipo Lappicy, pós-doutorando no Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da USP, campus de São Carlos. Segue a transcrição desse artigo, que certamente será de interesse para nossos leitores.

Phillipo Lappicy

Desertos são compostos de uma infinidade de diversidade, demonstrando a capacidade da natureza de auto-organização. A sua vegetação, os componentes rochosos em montes, montanhas, dunas e no solo, além da vida que ali se adaptou, completam tal complexo cenário. Em particular, o solo dos desertos me chamou a atenção desde que fiz a primeira viagem ao deserto do Saara, no norte da África.

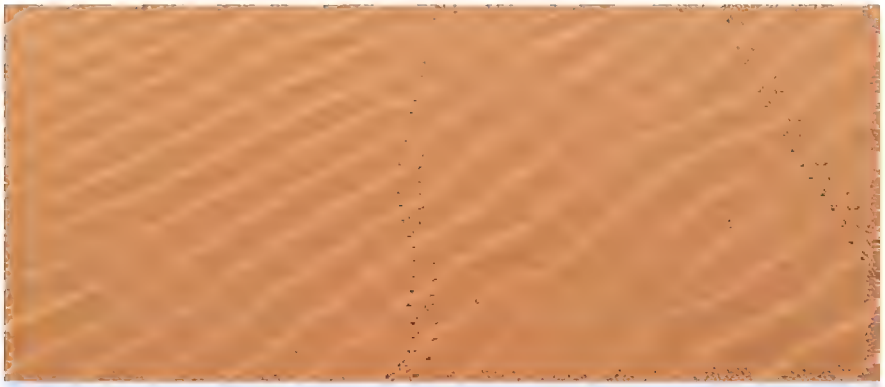
A areia do Saara é desenhada a partir dos ventos que a sopram. Esse é um caso particular de quando um fluido (o ar) desliza sobre um material sedimentado (a areia). O ar é responsável por formar padrões na areia e, na maioria dos casos, o padrão formado são riscos que aproximam linhas. O vento não é só responsável por modelar a forma de tais linhas, mas também determina o espaçamento entre elas e como tais riscos se movimentam com o tempo.

Tais linhas aparecem quando o vento sopra suficientemente forte e carrega grãos de areia adiante. A areia que é carregada pelo vento viaja em trajetórias pouco previsíveis, porém, ela é suspensa no ar e cai ao solo novamente. Ao cair, tal aceleração exerce uma força sobre o chão, durante o impacto. Como o vento sopra em uma direção, a areia é carregada quase na mesma direção, com quase a mesma força, e os grãos se acumulam

Deserto do Saara

ali, criando o relevo ondulado e formando os padrões que são observados.

Curiosamente, desertos de areia no mundo inteiro demonstram tais padrões em seu solo, como, por exemplo, o deserto de Kalahari, no sul da África. Logo, tais padrões não são apenas designados a um deserto em particular, mas aos seus principais conteúdos: ar e areia.



"Desde que fiz a primeira viagem ao deserto do Saara, o solo dos desertos me chamou a atenção"

Outros padrões em solo são observados em desertos de sal ao invés de areia. O Salar de Uyuni, por exemplo, que se encontra na Bolívia. Nesse caso, existem outros fatores para gerar padrões além da composição do solo: umidade, temperatura e exposição a raios solares. Tais causas geram polígonos de sal no chão.

Os polígonos são gerados porque os raios solares diminuem a umidade relativa do solo e os grãos de sal tendem a se aglomerar. Ao se aglomerar, o objeto em larga escala tende a formar o mesmo formato das conexões químicas das partículas de sal e dos outros componentes que se encontram no subsolo. Note que os polígonos de sal não são regulares – isto é, os seu lados e ângulos não são iguais. Mas, ao que parece, a área dos polígonos parece não desviar muito.

Enquanto eu caminhava pelo deserto de Uyuni, só encontrei polígonos com quatro, cinco, seis ou sete lados, sendo o hexágono, de seis lados, o mais comum. Um dos motivos para que esses sejam mais vistos talvez seja porque o ladrilhamento hexagonal do plano é a melhor maneira de dividir o solo em regiões com áreas iguais, porém minimizando o perímetro, ou seja, minimizando a quantidade de rachaduras de sal. Esse é o mesmo motivo do porquê as abelhas fazem colmeias com malhas hexagonais.

O mesmo ocorre em tantos outros desertos de sal no mundo, tal como o *Badwater Salt Flats*, nos Estados Unidos. Nesse caso, alguns lados dos polígonos não são estritamente linhas retas e as figuras resultantes são apenas perturbações de polígonos.

Em ambos os exemplos acima, do deserto do Saara e de Uyuni, os motivos para geração de padrões são aceitos na comunidade científica, porém, com pouco baseamento matemático. A Matemáti-

"Enquanto eu caminhava pelo deserto de Uyuni, só encontrei polígonos com quatro, cinco, seis ou sete lados"

ca é a linguagem mais adequada para prever e descrever fenômenos científicos, através de uma equação que possibilita a modelagem e o melhor entendimento desses fenômenos naturais.

Com uma modelagem matemática, poderíamos entender os motivos de certos padrões de linhas e polígonos surgirem, dentre os tantos padrões existentes e possíveis; ou incluir outros fatores que ainda não foram observados pela comunidade científica. Além de entender um fenômeno natural por si só, a modelagem matemática auxilia engenheiros a construírem edifícios em solos diferenciados, além de construir máquinas que extraem minérios do subsolo. Estudar padrões na superfície do solo pode, ainda, prever a quantidade, a densidade e a diversidade de substâncias no subsolo, sem precisar ir ao local e cavar até que certo composto químico seja encontrado.

Um mecanismo que descreve certos padrões na natureza com êxito é a "instabilidade de Turing", descoberto por Alan Turing em 1952. Ele demonstra como dois reagentes químicos estáveis, quando interagem, geram um sistema instável capaz de gerar padrões. Esse método é o mesmo usado na criação de padrões na pele de animais, como de uma zebra (que lembra os riscos de areia do Saara) ou de um leopardo (que lembra vagamente os polígonos de sal).

Outro mecanismo capaz de descrever padrões é a "instabilidade de Rayleigh-Bénard", descrita experimentalmente por Bénard, em 1900, e fisicamente por Rayleigh, em 1916. Nesse caso, um

Padrões irregulares de dunas e lagos em Lençóis Maranhenses

fluido com alta temperatura no fundo de um recipiente é menos denso e tende a subir, enquanto a gravidade puxa o fluido mais frio e denso do topo para o fundo. A força gravitacional se opõe à viscosidade do fluido, que tenta fazer o fluido não se movimentar. A interação de ambas as forças também é capaz de gerar padrões.

Talvez tais mecanismos possam também ser usados na descrição de padrões nos solos de desertos. De fato, alguns padrões nas Geociências são estudados pelo físico Lucas Goehring. Através de modelos matemáticos, utilizando técnicas parecidas com a de Turing, ele é capaz de modelar solos poligonais ou padrões gerais no solo. Inclusive foi capaz de modelar padrões no solo da Antártida (onde ele fez uma expedição para criar os modelos) e Marte (neste caso, ainda não foi possível fazer uma visita para verificar o solo pessoalmente).

Outros desertos dão origem a outros padrões. Por exemplo, o deserto da Namíbia, visto pela Estação Espacial Internacional. As dunas parecem formar um padrão fractal e um pouco caótico. Ou, por exemplo, os Lençóis Maranhenses, em que as dunas e os lagos se alternam gerando também um padrão pouco regular. Certamente, todas essas belezas visuais da natureza podem ser descritas e explicadas com algum modelo matemático, e cabe a nós o encontrar.

Enquanto o vento bate, a chuva cai ou o sol aquece, o mundo muda. A Matemática é a ferramenta para modelar essas mudanças da natureza e nos ajuda a entender melhor o nosso ambiente. Com a ajuda das fórmulas e ideias, somos capazes de prever algumas ações da natureza e nos adaptar para tomarmos decisões que nos guiem para um futuro mais desejável.

Realmente, a Matemática é uma linguagem que pode descrever o comportamento da natureza, e podemos relembrar a célebre frase de Platão: "Deus é um Geômetra"!

IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS

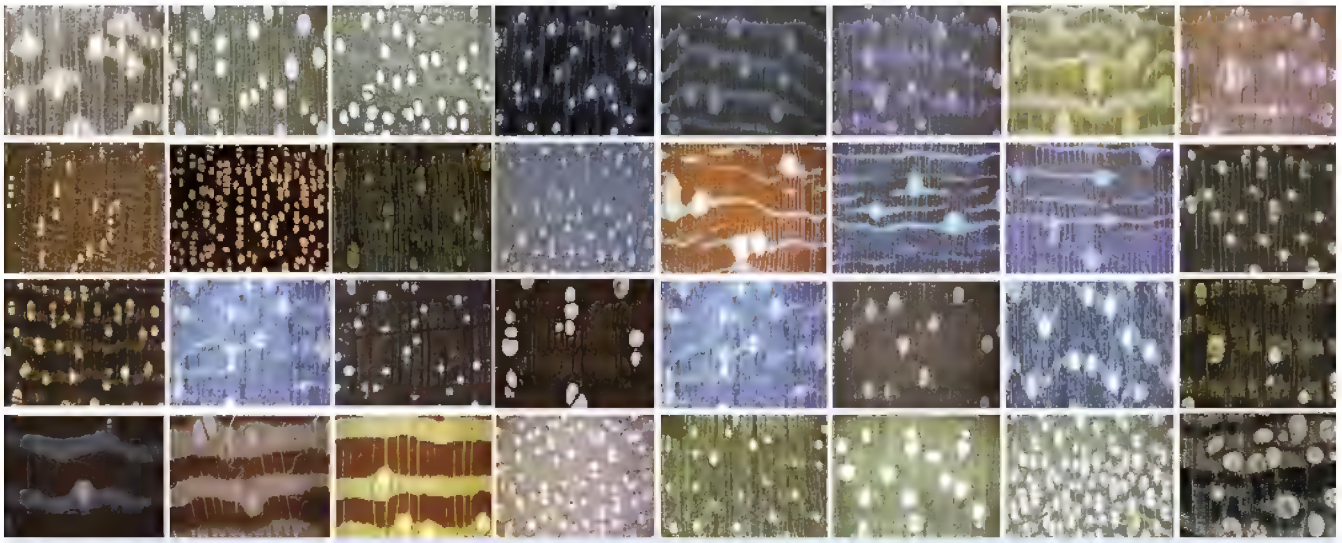
A Revista "Pesquisa FAPESP" de julho de 2007, edição 257, trouxe interessante notícia sobre um projeto de pesquisa apoiado pela FAPESP sobre "Visão artificial e reconhecimento de padrões aplicados em plasticidade vegetal", no qual é ressaltado o fato de que sistemas de visão computacional podem indicar a qualidade de tábuas e a espécie de árvore ``a qual elas pertencem. Transcrevemos a seguir essa interessante notícia que aponta para planejamento nas espécies vegetais

Dois sistemas de visão artificial, que usam imagens para identificar e classificar madeiras, foram desenvolvidos recentemente em São Paulo. Um deles, chamado *NeuroWood,* contou com pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Itapeva, e do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) da Universidade de São Paulo (USP) em São Carlos. Ele é composto por um conjunto de câmeras (*webcams*), um computador e um programa que diferencia a madeira em três categorias: A (excelente), B (boa) e C (rejeitada). O outro, criado no Instituto de Física da USP em São Carlos (IFSC-USP), é um método matemático que deu origem a um *software* capaz de determinar a espécie de árvore da qual determinada tábua provém. As duas tecnologias se destinam principalmente aos setores madeireiro e moveleiro.

Normalmente a indústria de madeira usa especialistas que classificam a qualidade das peças por meio de inspeção visual. O processo é subjetivo e depende da qualidade do treinamento, o que torna o índice de acerto não muito alto. Estudos mostram que o nível de acurácia desse método gira em torno de 65%.

Diante desse quadro, o engenheiro mecânico Carlos de Oliveira Affonso, professor do curso de Engenharia Industrial Madeireira da UNESP de Itapeva, o cientista da computação André Luís Debiaso Rossi, professor do curso de Engenharia de Produção da UNESP de Itapeva, e o engenheiro civil Fábio Henrique Antunes Vieira, professor da Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito (SP), projetaram um equipamento para realizar a classificação de madeira de forma automática. O projeto *NeuroWood* teve o apoio do Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), um dos Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (Cepid) financiados pela FAPESP, com sede no ICMC. O sistema tem *webcam*, monitor e um controlador lógico programável (CPL), que é um microprocessador responsável pela interface entre o computador e os atuadores (motores elétricos ou esteiras transportadoras).

O programa de computador desenvolvido usa técnicas de aprendizagem de máquina. "São semelhantes às utilizadas pelos sistemas de reconhecimento facial, só que mais simples", conta



Imagens microscópicas mostram detalhes da estrutura de madeiras de diferentes tipos de árvores da África

Affonso. Foram usadas as chamadas "redes neurais artificiais", técnicas computacionais que mimetizam o funcionamento do cérebro humano, aprendendo com a experiência. "Para isso, é apresentado ao computador um padrão numérico correspondente a determinada classe de objetos", explica. "Após certo número de repetições, esses *softwares* conseguem identificar a qual classe o objeto pertence, mesmo que não tenha sido apresentado como exemplo."

No caso do *NeuroWood*, o sistema foi "ensinado" a classificar as peças de madeira conforme sua qualidade (A, B ou C). O *software* foi abastecido com informações sobre os níveis de qualidade e os defeitos das tábuas, como nós e rachaduras. Em seguida, criou-se um banco com mais de 600 fotos de amostras das três qualidades. Elas foram processadas para melhorar o contraste e o brilho e ressaltar detalhes, levando em conta características, como textura e coloração.

O sistema foi testado em condições reais de produção na "Sguario Indústria de Madeira", uma empresa de Itapeva parceira do projeto. Lá, foi submetido aos mesmos níveis de dispersão de poluentes, vibração e variação de luminosidade de um ambiente normal de um fabricante de móveis ou madeireira. As câmeras foram instaladas ao longo e acima da esteira de classificação da serraria. "As imagens captadas são enviadas para o computador para serem processadas e comparadas com as que estão no banco de dados. Assim, o programa determina a que categoria de qualidades elas pertencem, A, B ou C", explica Affonso.

De acordo com o pesquisador, os resultados foram satisfatórios. "O sistema classificou a madeira com desempenho semelhante ao observado em laboratório", afirmou. "Atualmente, ele analisa 45 tábuas por minuto, trabalho para o qual seriam necessários seis trabalhadores. O índice de acerto também foi superior ao dos técnicos especializados: 85%."

Identificação por espécie

O *software* desenvolvido no Instituto de Física de São Carlos também conseguiu bons resultados mas, nesse caso, na identificação de espécies de árvores por meio de sua madeira. Foram analisadas peças do Museu Real da África Central, em Tervuren, na Bélgica, com 77 espécies diferentes de árvores madeireiras, normalmente comercializadas em países africanos. O trabalho foi feito em parceria com a Universidade de Gent, na Bélgica. "O índice de acerto foi de 88% em nível de espécie botânica, 89% de gênero e 90% de família", conta o cientista da computação Odemir Martinez Bruno, professor do IFSC-USP em São Carlos, coordenador do projeto.

De olho na madeira

Saiba como funciona o aparelho que analisa e classifica as tábuas conforme a qualidade

FONTE FÁBIO HENRIQUE ANTUNES VIEIRA

INFOGRÁFICO ANA PAULA CAMPOS ILUSTRAÇÃO ANDRÉ LUIS DEBIASO ROSSI FOTOS FÁBIO HENRIQUE ANTUNES VIEIRA

Sistemas de visão artificial poderão auxiliar na fiscalização do comércio madeireiro no país

Para fazer a identificação, o programa é alimentado com imagens microscópicas das peças de madeira. "Cada espécie tem uma forma distinta de compor suas estruturas celulares, que a diferencia das outras", diz Bruno. "O *software* analisa os padrões microscópicos formados pelos arranjos celulares das madeiras."

Bruno explica que esse projeto é uma ramificação de outro da sua equipe, de longo prazo, para o estudo da biodiversidade e identificação de plantas e da fisiologia vegetal usando computação, ainda em andamento. No caso do *software* que identifica as imagens microscópicas, o pesquisador diz que se trata, por enquanto, de trabalho puramente acadêmico. "O artigo foi publicado em uma revista científica da área e pode chamar a atenção de empresas que se interessem em convertê-lo em produto", presume.

Segundo o pesquisador, não há até agora um sistema de controle de qualidade ou de fiscalização para verificar as espécies de madeira comercializadas. "Nosso *software* pode servir para controle de qualidade, certificação do produto e fiscalização. Ele poderia ser empregado por fiscais para garantir que determinado carregamento de madeira não é oriundo de uma reserva florestal ou de uma espécie sob proteção de lei por ser nativa ou estar em perigo de extinção."

Uso industrial

O *Neurowood*, criado por Affonso, da UNESP, foi objeto de depósito de patente no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) e já está pronto para uso. A empresa que cedeu sua linha de produção para o sistema ser testado poderá ser uma das primeiras a adotá-lo. Hoje, a "Sguario" produz de 15 mil a 20 mil tábuas por dia e não realiza como rotina a classificação das tábuas por qualidade. As peças são avaliadas apenas por seu tamanho. "Seria praticamente impossível inspecionar visualmente tábua por tábua", diz um dos sócios da serraria, Luiz José Sguario Neto. "Com o sistema da UNESP é possível separar as tábuas por qualidade e obter preços diferenciados de venda."

O sistema não é inédito no mundo. Há outros semelhantes no mercado global, que também usam visão computacional para classificar madeira. O problema é que eles são caros, o que impede sua aquisição por empresas de pequeno e médio porte. "O custo de implantação do equipamento gira em torno de R$ 65 mil, já os importados possuem um valor aproximado de R$ 1,8 milhão, segundo Affonso. "Essa diferença se deve ao fato de que nós desenvolvemos nossos próprios softwares", diz o professor da UNESP. Para que o sistema possa ser usado de forma livre, sem a necessidade de compra de pacotes comerciais, todas as rotinas foram escritas com linguagem computacional de livre acesso. O emprego de criptografia dificulta que o *software* seja pirateado.

Apesar de já poder ser usado, Affonso não tem planos de criar uma empresa para fabricar o *software*. "O foco do nosso grupo é atuar academicamente", diz. O aprimoramento do sistema, no entanto, continuará agora em parceria com a Universidade de Oulu, da Finlândia. Para isso foi assinado um contrato entre a UNESP e o Centro para Visão Mecânica e Análise de Sinais (CMVS) daquela instituição, com o objetivo de promover o intercâmbio de alunos e professores. "Assim como nós, o grupo finlandês notou que a maior dificuldade na construção de um sistema de classificação automática de imagens está na fase de

aprendizagem computacional. É aí que há um intenso trabalho manual para construir a base de dados necessária para o programa aprender a partir dos exemplos", conta Affonso.

O pesquisador está na Finlândia desde fevereiro deste ano num estágio de pós-doutorado, onde ficará até o início de 2018 pesquisando técnicas que acelerem o processo de aprendizado *on-line*. "A ideia é identificar, dentre as imagens utilizadas como exemplo, quais são as que acrescentam mais informação e priorizá-las no momento do aprendizado."

Para o coordenador do curso de Engenharia Industrial Madeireira, da UNESP de Itapeva, Carlos Alberto Oliveira de Matos, o projeto de Affonso é importante por envolver alunos de graduação e pela parceria com empresas madeireiras. "Isso mostrou a elevada capacidade da pesquisa aplicada da universidade para a solução de problemas relacionados com a produção", explica. "O Brasil tem um potencial madeireiro sem igual no mundo, que requer formação de pessoal especializado e pesquisa de alto nível", afirma. "Esses fatores contribuem para a urgente e necessária agregação de valor aos produtos com base na madeira."

Bibliografia

AFFONSO, C. *et al.* Deep learning for biological image classification. *Expert Systems with Applications*. 17 mai. 2017

SILVA, N. R. *et al.* Automated classification of wood transverse cross-section micro-imagery from 77 commercial Central-African timber species. *Annals of Forest Science*. jun. 2017.

CONGRESSO REÚNE OPOSITORES DA TEORIA DA EVOLUÇÃO

BIÓLOGOS CRITICAM "NOVO CRIACIONISMO"

A propósito do Congresso que estava para ser realizado em novembro de 2014 para a fundação da "Sociedade Brasileira de Design Inteligente", o matutino paulistano "Folha de São Paulo" publicou uma notícia de autoria de Reinaldo José Lopes no dia 27 de outubro de 2014, com o título acima. Fica patente a oposição da mídia em geral com relação a qualquer outro modelo para a interpretação da natureza além do consagrado (vaca sagrada?!) Evolucionismo! Esperamos que nossos leitores meditem sobre o assunto, antes de tomarem uma posição definitiva sobre a controvérsia entre Evolução (acaso) e Criação (planejamento).

O químico Marcos Eberlin, 55, tem um currículo muito parecido com o de outros pesquisadores de alto nível do país. Com centenas de artigos publicados em revistas especializadas, ele é membro da Academia Brasileira de Ciências e professor titular da UNICAMP, chefiando um laboratório especializado em espectrometria de massa (grosso modo, uma técnica que permite "pesar" moléculas).

Para consternação de vários de seus colegas, porém, Eberlin também é um dos organizadores do 1º Congresso Brasileiro do *Design* Inteligente, que começa em 14 de novembro, em Campinas, reunindo os principais adversários da Teoria da Evolução entre cientistas do Brasil.

O professor de química da Unicamp Marcos Eberlin é adepto da tese do *Design* Inteligente (TDI)

Os defensores da TDI (Teoria do *Design* Inteligente) apresentam uma versão atual de argumentos que chegaram a seduzir o próprio Charles Darwin (1809-1882) antes que o naturalista formulasse a ideia de seleção natural e se tornasse fundador da Biologia Evolutiva. Eles defendem que seres vivos são complexos de-

mais para terem surgido a partir de matéria não viva, pela ação de leis naturais. Essa complexidade seria, na verdade, sinal de um *design*, ou "projeto", embutido nos seres vivos por algum tipo de inteligência avançada.

"Cientificamente, eu sei quais são os meus limites, sei que nunca será possível demonstrar que inteligência seria essa", diz Eberlin. "Tem gente que vai dizer que é o Deus bíblico, tem gente que vai dizer que são os ETs, ou que é uma força que permeia o Universo. Mas mostrar que houve essa ação inteligente é uma proposta científica válida", afirma o pesquisador.

A grande maioria da comunidade científica discorda, porém, em especial os biólogos, principais responsáveis por estudar a trajetória da vida na Terra. Nos EUA, onde surgiu, a TDI é vista como uma tentativa de misturar ciência com convicções religiosas. Por lá, de fato, os defensores mais importantes da tese costumam ser cristãos conservadores.

"No nosso caso, não vejo esse viés. Tem agnóstico, tem espírita, tem católico e, lógico, tem evangélico também", afirma Eberlin, que é batista.

QUESTÃO DE QUÍMICA

Entre as dezenas de membros do comitê científico do congresso, há desde biólogos até historiadores, mas os químicos, tal como o professor da UNICAMP, predominam. Dois dos membros mais destacados do comitê, Kelson de Oliveira, da Universidade Federal do Amazonas, e Brenno da Silveira Neto, da Universidade de Brasília, também cursaram Teologia (ambos são presbiterianos).

Segundo Oliveira, a forte presença de químicos entre adeptos da TDI é motivada, em parte, pelos modelos sobre a origem da vida na Terra, que "podem ser facilmente entendidos por um químico". "Isso nos permite ver falhas que muitas vezes escapam a integrantes de outras áreas", diz o pesquisador.

Mais especificamente, eles dizem que a probabilidade de reações químicas naturais levarem à formação de células primitivas seria praticamente nula. Para Eberlin, a complexidade bioquímica das células atuais, com mecanismos de correção de DNA, é indício de *design* inteligente.

Para Brenno da Silveira Neto, o congresso será um foro de debate científico sobre o tema. "Acho errado que grupos religiosos se tornem adeptos da TDI só porque ela valida sua visão de fé."

O congresso deve ser palco da criação da Sociedade Brasileira do *Design* Inteligente e da divulgação de um manifesto sobre o ensino da evolução e da TDI nas escolas públicas. Eberlin, porém, diz que a ideia não é pressionar o Ministério da Educação.

"O que a gente quer é que a Teoria da Evolução seja ensinada de maneira certa e na idade certa. É um absurdo usar nas escolas revistinha da Turma da Mônica mostrando o macaquinho virando homem para crianças pequenas", diz o químico.

"Queremos que o professor não esqueça de informar aos alunos que há outra teoria que quer entrar na briga. E que não se ensine nada sobre TDI, pois ainda não se sabe bem o que falar. Deixe apenas os alunos cientes de sua existência."

SEM SENTIDO

A tentativa de dar verniz científico e educacional à Teoria do *Design* Inteligente costuma esbarrar na semelhança entre a tese e o tradicional Criacionismo – a crença numa divindade que teria criado diretamente os seres vivos como são hoje, em geral idêntica ao Deus da Bíblia.

Foi essa a conclusão do juiz americano John Jones ao decidir contra a Secretaria de Educação de Dover, na Pensilvânia, que defendia que a TDI fosse ensinada ao lado da Teoria da Evolução nas escolas públicas. Jones concluiu que um currículo escolar assim violaria a separação entre religião e Estado estabelecida na Constituição dos EUA.

No Brasil, em 2004, o Estado do Rio de Janeiro, governado por Rosinha Matheus, chegou a propor a inclusão do Criacionismo no ensino público, embora não tenha havido alteração nas aulas.

A maioria dos biólogos, porém, diz não ver sentido na TDI, mesmo quando se analisam os dados do DNA com técnicas modernas.

"Quem quiser defender que o genoma reflete um *design* inteligente, que não perderia tempo ao entulhá-lo com lixo, vai precisar resolver o paradoxo da cebola", diz o geneticista brasileiro Marcelo Nóbrega, da Universidade de Chicago.

"Se o nosso genoma de 3 bilhões de 'letras' de DNA reflete a complexidade do nosso organismo, como justificar o genoma da cebola, com 15 bilhões de letras? Ou o da ameba *Polychaos dubium*, com 670 bilhões? Uma ameba é 200 vezes mais complexa do que um criacionista?", brinca ele.

Para o teólogo Eduardo Rodrigues da Cruz, da PUC-SP, que estuda a relação entre ciência e religião, a penetração da TDI na academia brasileira tem crescido. "Nota-se uma mudança, além da capacidade de liderança de Marcos Eberlin, a pessoa que faltava para o movimento explodir aqui no Brasil", afirma.

Para o especialista, é um erro limitar-se a confrontar ou ironizar defensores da TDI, sem dialogar com lideranças religiosas que não são contrárias à evolução.

"Não acho produtivo discutir com eles", diz Maria Cátira Bortolini, geneticista da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). "Acho muito mais interessante discutir por que há essas mentes predispostas geneticamente a seguirem pensando de maneira mágica, mesmo quando adultos."

NÚCLEOS DA SOCIEDADE CRIACIONISTA BRASILEIRA

Dado o crescente interesse pela divulgação de atividades relacionadas com a controvérsia entre o Criacionismo e o Evolucionismo, a Sociedade Criacionista Brasileira tem recebido correspondência de um bom número de pessoas que têm proposto a criação de um Núcleo, Capítulo ou Centro Regional da Sociedade, para servir de ponto de apoio para atender, de uma maneira mais efetiva, um público específico que pode ser mais facilmente identificado no âmbito regional.

Seguem, então, algumas considerações básicas sobre a instituição e o funcionamento dos Núcleos da SCB.

Em conformidade com os termos estatutários e regimentais, Núcleos, Centros e Minicentros Criacionistas, podem constituir representações da SCB criadas, após a devida apreciação pelo Conselho Consultivo, por decisão da Diretoria Executiva expressa e formalizada em cada caso por ata de suas reuniões, com o estabelecimento dos compromissos recíprocos a serem assumidos mediante convênios ou outros documentos de ordem legal estabelecidos para o seu adequado inter-relacionamento.

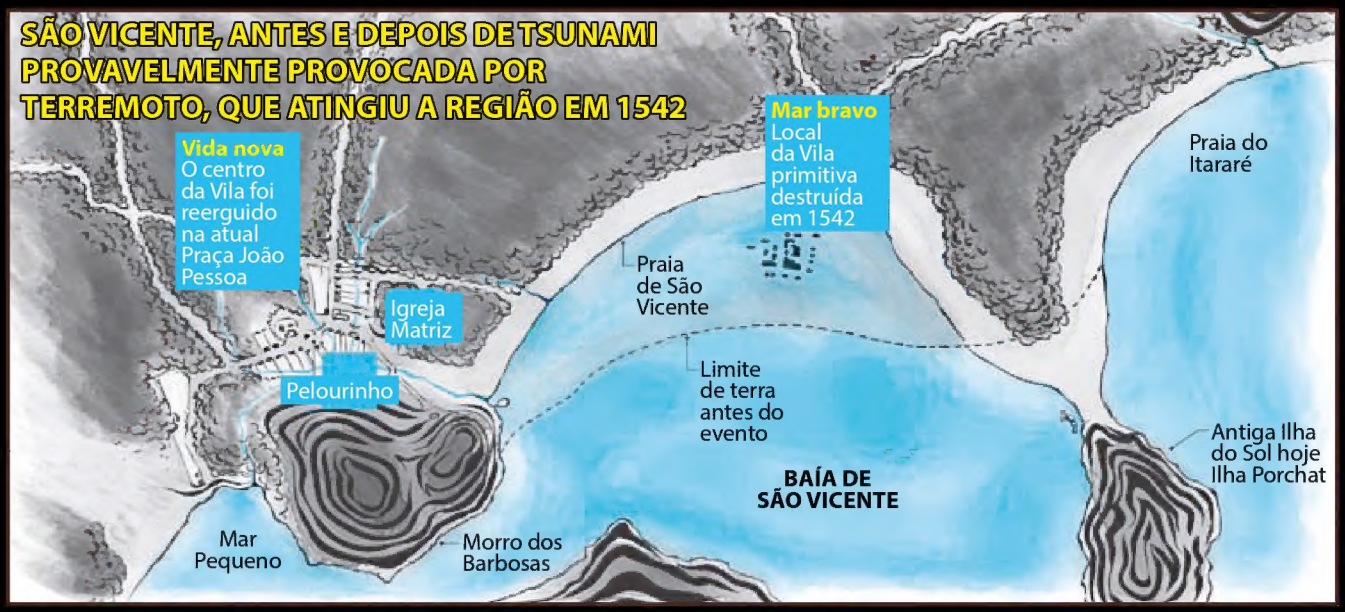
As informações prestadas sobre Minicentros Criacionistas reproduzidas parcialmente no Anexo fazem parte das informações gerais mais amplas que se aplicam aos Núcleos, as quais apresentam maior amplitude e abrangência, especialmente devido ao fato de serem eles instituídos por iniciativa de grupos de interessados em informação e documentação referentes à controvérsia entre Criação e Evolução em nível mais avançado, por agregarem universitários, docentes e pesquisadores de instituições acadêmicas.

Entretanto, é recomendável que os Núcleos procurem estruturar-se inicialmente a partir do nível de certificação avançada estabelecido para os Minicentros, para depois gradativamente se desenvolverem em direção a patamares mais altos, em seu projeto de desenvolvimento de atividades.

Assim, poderiam os Núcleos iniciar suas atividades com reuniões de estudos utilizando textos da bibliografia indicada, apresentação e discussão de temas específicos por palestrantes capacitados, e a formação de turmas para a realização de cursos a distância. Atividades como essas fortalecerão o grupo, incentivando-o a elaborar seu próprio plano de atividades.

Em números posteriores da Revista Criacionista serão dadas mais informações sobre os Núcleos da SCB.

ABALOS SÍSMICOS NO BRASIL COLÔNIA



Terremotos têm sido registrados na história desde a antiguidade em todo o mundo. Na Bíblia estão registrados terremotos em tempos históricos, por exemplo nas passagens do Antigo Testamento nos livros de I Samuel14:15, I Reis 19:11, Amós 1:1, e Zacarias 14:8.

Em tempos modernos, um dos mais famosos terremotos que chegou a afetar até nosso país, foi o "Terremoto de Lisboa", a respeito do qual sugerimos ler a publicação da SCB intitulada "Sinais" (Prenúncios do Advento do Messias à luz da Ciência Moderna.

Interessante ocorrência histórica de tsunami provocada por terremoto foi registrada em 1542 na cidade de São Vicente, no litoral paulista.

ISSN 2526-3948
9 772526 394000